

**Univerzita Karlova v Praze**

Filozofická fakulta

Ústav informačních studií a knihovnictví

Bohuš Získal

**Metodologie tvorby digitálních archívů**  
**Methodology for design of digital archives**

Dizertační práce

vedoucí práce - Doc. RNDr. Jiří Souček, CSc

2011

Prohlašuji, že jsem dizertační práci vypracoval samostatně, že jsem řádně citoval všechny použité prameny a literaturu a že práce nebyla využita v rámci jiného vysokoškolského studia či k získání jiného nebo stejného titulu.

V Praze dne 28.1.2011

podpis:

**Poděkování:**

Tímto děkuji svému školiteli, docentu Jiřímu Součkovi, za cenné připomínky k práci, a dále Petře Jedličkové a Romanovi Berkovi za podporu a konzultace. Rovněž bych rád poděkoval svým kolegům z Ústavu informačních studií a knihovnictví za řadu zajímavých podnětů a inspiraci.

**Anotace:**

Tato práce se zabývá archívy audiovizuálního obsahu v audiovizuálním průmyslu a zkoumá otázku, nakolik jsou v této oblasti aplikovatelné koncepty a doporučení definované ve standardu ISO 14721:2003, a jakým způsobem takto popsané klíčové komponenty a procesy odpovídají struktuře reálných archívů navázaných na výrobu. Práce poskytuje základní přehled formátů, datových úložišť a struktur metadat užívaných v souvislosti s audiovizuálním obsahem, s ohledem na dlouhodobou archivaci dat. Jsou zde diskutovány nejběžnější standardy (mezinárodní, průmyslové, proprietární) specifické pro danou oblast s přihlédnutím k perspektivě nevyhnutelné migrace dat. Vzhledem ke skutečnosti, že určitý typ provozovatelů archívů se zároveň zabývá audiovizuální produkcí, a v takto koncipované struktuře bývá obtížné jasně organizačně odlišit archív od dalších celků, jsou zde popsány různé přístupy k navrhování komplexních archivních celků včetně uvedení do problematiky systémů pro správu obsahu (MAM). Pravidelná migrace na nové technologie v takto definovaných širších celcích znamená i integraci existujícími technologiemi, práce se zabývá rovněž výrazným vlivem aktuálně dostupných komerčních řešení v dané oblasti. V různých souvislostech jsou zmiňovány vysoké náklady na změny v procesech archivace a skutečnost, že jejich dopad je mnohem snáze vyhodnotitelný v krátkodobé perspektivě. Standard ISO 14721:2003, který je v tomto směru jedinou všeobecně uznávanou referencí pro dlouhodobou archivaci, nedefinuje konkrétní architekturu ani postupy, a tak shodu s tímto standardem lze vyhodnocovat jen na základě funkčních požadavků. Práce uvádí přehled metod hodnocení archívu založených na výše uvedeném standardu (TRAC, DRAMBORA, NESTOR Criteria Catalogue) a detailněji se zabývá auditem založeným na metodě řízení rizik. Zdůrazněna je důležitost dlouhodobé strategie pro všechna důležitá rozhodnutí týkající se dlouhodobé archivace obsahu, tedy v oblasti, kde se struktura, formáty a distribuční modely mění velmi rychle.

**Summary:**

This work examines how concepts and recommendations defined within the ISO 14721:2003 standard could be applied to archives in audiovisual industry and how its key components and processes relate to the corresponding structure of real production archives. A basic overview of audiovisual content formats, storage solutions and metadata structures is provided with respect to long time content preservation. The most common standards (international, industry and proprietary ones) specific for this area are discussed within the perspective of inevitable data migration process. As certain types of organisation have their archive deeply integrated in the production process and its functional and organisational parts could not be easily distinguished from the rest of the structure, the various approaches to the complex archive design are evaluated, including a brief introduction to MAM system role and implementation. The data migration to new solutions also means the integration with the existing technologies, where a rather higher level of dependence on commercially available solutions is often involved. As the interoperability standards are not widely adopted yet, some decisions are inevitably tied with previously adopted technologies. Changes in work-flow or replacements of technology often involve significant investments and it is much easier to estimate the immediate impacts on daily production than to define possible draw-backs for the archive sustainability in a long term perspective. As the ISO 14721:2003 standard, the only generally accepted approach for long term data preservation, does not prescribe technical architectures for archives or repositories, compliance to the standard could be maintained with functional requirements only. Various methods of the digital repository audit based on this standard (TRAC, DRAMBORA, NESTOR Criteria Catalogue) are therefore introduced and compared, with special attention paid to risk-based preservation strategies auditing in the audiovisual Industry with respect to general standards and recommendations. The importance of the long term preservation strategy for every important decision is stressed out especially in the environment, where audiovisual content structure, formats and distribution models are changing rapidly.

## Obsah

1	Úvod, východiska a zaměření práce .....	8
1.1	Východiska práce .....	9
1.2	Členění práce.....	11
1.3	Použitá terminologie .....	12
1.4	Postavení archívu vzhledem k produkci archivovaného obsahu.....	14
2	Audiovizuální materiál jako datový objekt, formáty .....	18
2.1	Vazba na fyzickou reprodukci.....	18
2.2	Informace v audiovizuálním obsahu .....	18
2.3	Reprezentace a formát dat .....	19
2.4	Typy audiovizuálních dat .....	21
2.5	Formáty kódování a komprese .....	22
2.5.1	Kódování zvukových a obrazových informací .....	22
2.5.2	Principy komprese audiovizuálních dat .....	24
2.5.3	Komprese uvnitř snímku.....	25
2.5.4	Kompresní algoritmy JPEG a JPEG2000 .....	25
2.5.5	Kompresní algoritmus MPEG.....	27
2.5.6	Standardy ITU-T.....	32
2.5.7	Chyby a artefakty způsobené kompresí .....	33
2.6	Formáty pro ukládání audiovizuálních dat.....	36
2.6.1	Souborové formáty.....	37
2.6.2	Akviziční formáty .....	46
2.6.3	Transportní a distribuční formáty .....	48
2.7	Formáty z hlediska archivace.....	49
2.7.1	Shoda s definicí formátu .....	49
2.7.2	Hledisko zachování kvality.....	50
2.7.3	Robustnost.....	52
3	Hodnocení kvality .....	54
3.1	Subjektivní hodnocení kvality.....	54
3.2	Objektivní kontrola kvality .....	56
4	Metadata.....	60
4.1	Metadata specifická pro informace proměnlivé v čase .....	63
4.2	Způsoby využití a vytváření odvozených metadat.....	64
4.2.1	Analýza zvuku .....	64
4.2.2	Analýza obrazu .....	65
4.3	Komplexní metadatové formáty.....	66
4.3.1	Jazyk XML.....	66
4.3.2	Standard METS.....	67
4.3.3	Standard MPEG-7 .....	68
4.3.4	Standard MPEG-21 (DID) .....	69
4.4	Formáty administrativních metadat.....	72
4.5	Formáty popisných metadat .....	72
4.5.1	Standard Dublin Core .....	73
4.5.2	SMPTE metadata dictionary .....	73
4.5.3	Formát XMP .....	74
4.5.4	Mapování schémat popisných metadat mezi standardy .....	74
4.6	Distribuční formáty metadat.....	76
4.7	Jednotná identifikace esence .....	77
4.8	Informace vztažené k duševnímu vlastnictví .....	78

5	Fyzické úložiště dat.....	80
5.1	Odolnost proti ztrátě dat.....	82
5.2	Přístup k datům.....	83
5.3	Náročnost migrace.....	83
5.4	Přehled aktuálních řešení .....	84
5.4.1	Páskové systémy .....	84
5.4.2	Pevné disky .....	87
5.4.3	Solid state disky .....	87
5.4.4	Srovnání páskových a diskových úložišť .....	88
6	Architektura systému .....	90
6.1	Úvodní vymezení .....	90
6.2	Architektura podle referenčního modelu OAIS .....	91
6.3	Architektura archívů v audiovizuálním průmyslu.....	92
6.3.1	Funkční celky archívu.....	92
6.3.2	Systém správy obsahu (MAM) .....	93
6.3.3	Archivační systém.....	96
6.3.4	Navázané systémy.....	98
6.3.5	BXF – Broadcast eXchange format .....	100
6.4	Postup při návrhu a modifikaci systému .....	102
6.4.1	Výchozí faktory ovlivňující budování archívu a MAM .....	104
6.5	Postup řešení .....	109
6.5.1	Výběr komponent.....	111
6.5.2	Výběr formátu pro archivaci.....	113
6.5.3	Dokumentace .....	113
7	Evaluace archívu.....	115
7.1	Přehled metod hodnocení důvěryhodnosti archívu vycházející ze standardu ISO 14721:2003 .....	117
7.2	Srovnání metod hodnocení důvěryhodnosti archívu z hlediska jejich použitelnosti pro produkční archívy .....	118
7.3	Metody založené na řízení rizik .....	122
7.3.1	Hodnocení rizik pro audiovizuální archívy.....	123
7.3.2	Identifikace organizačního rámce .....	124
7.3.3	Revize dokumentace .....	124
7.3.4	Identifikace procesů a jejich vlastníků.....	125
7.3.5	Identifikace rizik .....	125
7.3.6	Zhodnocení rizik .....	126
7.3.7	Minimalizace rizik .....	127
7.4	Využití hodnocení archívu v praxi .....	128
8	Závěrečná doporučení.....	129

# 1 Úvod, východiska a zaměření práce

Cílem této práce je analyzovat metodologii, koncepty, formáty a oborové standardy využívané v oblasti dlouhodobé archivace audiovizuálních dat, a dále zhodnotit, jakým způsobem praxe a tendence v dané oblasti korespondují s referenčním modelem OAIS, specifikovaném ve standardu ISO 14721:2003. Práce přináší přehled faktorů formujících podobu specializovaných digitálních archívů s ohledem na obvyklé postupy při elektronické produkci, zpracování a šíření audiovizuálních informací a reálné podmínky vzniku a provozu archívů v prostředí masmédií. Na základě závěrů z odborné literatury pokrývající doporučené metodiky pro dlouhodobou archivaci dat a rozboru postupů používaných v audiovizuálním průmyslu v kombinaci obecnými postupy pro řízení a hodnocení kvality nabízí tato práce specifický pohled na problematiku archivace v této konkrétní oblasti. Toto pojetí vyžaduje i základní vymezení jednotlivých konceptů, sladění terminologie a s usouvztažnění východisek. Vzhledem k úzké specializaci jednotlivých oborů, které se váží ke komplexní problematice zpracování audiovizuální informace, existuje minimum prací, které by se zabývaly současnou praxí archivace audiovizuálních dat v celé její šíři a zejména s ohledem na postupy obvyklé v daném odvětví. Tuto syntézu bylo možné provést díky spojení různých metodologických přístupů, samozřejmě s ohledem na rozsah práce i s relativně značným množstvím odkazů na literaturu nebo oborové standardy. V určitých oblastech, jako jsou například algoritmy pro kompresi dat s audiovizuálním obsahem, nelze rovněž v rámci zvoleného přístupu a rozsahu popsat všechny podstatné mechanismy a vyhnout se určitému zjednodušení, některé aspekty jsou tak v práci pouze zmíněny. Dílčí závěry této práce byly prezentovány na různých fórech, vždy s nějakým přesahem mimo danou oblast, ať již na konferencích zaměřených na archivaci (Integra 08, Birmingham), na audiovizuální produkci (IBC 09, Amsterdam), nebo na obecnější elektronické informační zdroje (Inforum 09, Praha). Také s ohledem na pozitivní ohlasy na konferencích a u odborné veřejnosti považují toto mezioborové spojení informací z teorie a praxe za svůj největší přínos k dané problematice a věřím, že na základě podobně koncipovaných výzkumů a dalším rozvíjením metod hodnocení audiovizuálních archívů mohou vzniknout účinné nástroje, které ve svém důsledku pomohou řešit praktické a často velmi palčivé problémy spojené s dlouhodobým ukládáním audiovizuálního obsahu.



## 1.1 Východiska práce

Audiovizuální obsah v digitální podobě představuje velké množství dat, kterých rapidně přibývá jak díky nové produkci, tak digitalizací obsahu z analogových nosičů. Provozovatelé archivů audiovizuálního obsahu jsou velmi často zároveň jeho producenty nebo distributory a jejich cíle a praktiky mohou být odlišné od institucí zaměřených výhradně na archivaci. Po mnohaletém úsilí různých interdisciplinárních skupin došlo ke konsenzu ohledně obecné architektury digitálního archívu v podobě referenčního modelu OAIS (*Open Archival Information System*), který byl následně přijat jako standard ISO 14721:2003. Tento standard na zmíněném referenčním modelu OAIS popisuje funkce a nezbytné součásti archívu, zajišťujícího dlouhodobé uchování dat. Ačkoli v současnosti je rozpracovaná, nebo v nedávné době uzavřená řada mezinárodních projektů (např. PLANETS, CASPAR, DPE), které nabízejí konkrétní strategie a nástroje pro tvorbu digitálních archívů podle modelu OAIS, implementace jejich závěrů v oblasti audiovizuálních dat probíhá pomalu z různých důvodů, na které se pokusím v této práci poukázat. Podoba digitálních audiovizuálních archívů je výrazně ovlivněna faktory vyplývajícími z historie a z technologické podstaty výroby a šíření obrazových zdrojů informací. Za prvé digitální archívy audiovizuálního obsahu vznikají jen výjimečně bez návaznosti na starší archívy obrazových dat, obsahující materiál v analogovém formátu. Jelikož k digitalizaci nedocházelo okamžitě, prolínají se v archívech analogové a digitální formy a zároveň různé způsoby popisů a jejich uchovávání. Tímto způsobem budované digitální archívy tak v sobě obvykle nesou pozůstatek původní archivní struktury, zejména z důvodu kontinuity. Za druhé je řada archívů nějakým způsobem spojená s produkcí nebo distribucí audiovizuálního obsahu a zde hraje roli provozně ekonomické hledisko (Addis et al., 2008). Ke změně systému archivace dochází ve spojitosti s konkrétní podobou výroby nebo distribuce, proto jsou upřednostňované změny, které co nejméně ovlivní zavedené postupy a v co nejvyšší míře využijí existující technologické prostředky. Tento požadavek může být v rozporu s požadavkem implementovat struktury a mechanismy, které zajišťují dlouhodobou archivaci (podle modelu OAIS) a dovolují plně využívat výhody elektronické reprezentace informačních zdrojů doplněných o metadata. Dalším, neméně důležitým faktorem, je vliv komerčně dostupných technologií, jak v oblasti zpracování obrazu (systémy pro obrazovou postprodukcí podporují určité záznamové formáty a

distribuční formáty), tak i v oblasti správy obsahu (MAM, DAM, vysvětlení viz kapitola 1.3) a řízení výroby. Pracoviště jsou budována jako komplexní funkční celky, kde požadavky výrobního řetězce přímo ovlivňují volbu dodavatele infrastruktury, a tím i preferovanou strukturu popisů. Konkrétní redakční systém tak například dovoluje přímé řízení vysílání při použití technologie určitého výrobce, který podporuje archivační systém opět jen od některých dodavatelů. V neposlední řadě zde hraje roli skutečnost, že audiovizuální průmysl vytváří archívy zejména pro vlastní produkční či distribuční potřeby, a jejich obsah není přístupný široké veřejnosti, proto bývá jejich struktura málokdy předmětem analýzy a odborné reflexe.

Kromě v úvodu zmíněného referenčního modelu pro otevřený archivační systém OAIS existuje řada dalších dílčích doporučení a konceptů relevantních pro archivaci, např. IFLA study group – Functional Requirements for Bibliographic Records, z hlediska dlouhodobého uložení digitálních dat se celosvětově uplatňují aktuálně oborové standardy, např. METS a MPEG21-DIDL. V procesu produkce a distribuce digitálních audiovizuálních dat je řada parametrů definována (formáty, doprovodná metadata) použitím konkrétních technologií a postupů. Na archivační postupy v audiovizuálním průmyslu mají velký vliv majoritní producenti obsahu, jako jsou televizní stanice, filmová a televizní studia či zpravodajské agentury, neboť uchovávají značné objemy audiovizuálního materiálu a svými požadavky výrazně ovlivňují podobu dostupných technologií. Některé instituce hrají díky svým vývojovým týmům v této oblasti dokonce roli tvůrců standardů (např. britská BBC).

Vzhledem k nedostatku studií, které by se zabývaly konkrétními praktikami a koncepcí archívu provozovaných producenty audiovizuálního obsahu v širším měřítku, a i s ohledem na praktickou neproveditelnost tohoto typu výzkumu díky častému komerčnímu charakteru audiovizuální produkce, vychází informace v této práci zejména z údajů poskytovaných význačnými institucemi a vedoucími světovými výrobci technologií.

Konkrétní postupy pro ukládání dat jsou předmětem neustálého technologického vývoje, dochází k nepřetržitému nárůstu kapacity médií a přístupových rychlostí. Z hlediska dlouhodobé archivace dat je ovšem hlavním parametrem spolehlivost a trvanlivost záznamu. Touto otázkou se historicky zabývala řada studií, a vzhledem k tomu, že se dlouhodobé ukládání dat stalo běžnou součástí

praxe v téměř libovolném odvětví, lze mluvit i o samostatné disciplíně v oblasti informačních technologií. Vzhledem k tomu, že proces stárnutí nelze zcela věrně simulovat, a konkrétní podmínky archívu se vždy liší, přesnou životnost záznamu nelze přesně určit. Z praxe a z odborných studií (např. Lee et al, 2002, nebo Dollar, 1999) ale vyplývá, že fyzická životnost záznamu není hlavním omezujícím faktorem. Díky neustálému vývoji systémů ukládání dat a s ním spojenou náhradou technologií se hlavním problémem stává dostupnost konkrétního hardwaru a také podpora formátu jako celku. Aby bylo možné přečíst utčitý soubor dat, musí být k dispozici nejen technické zařízení pro čtení nosiče, ale i soubor informací (ovladačů, interpreterů) pro jeho přenos do aktuálního prostředí (systému) a dekodování jeho způsobu záznamu. Například u archívů na páskových médích vzhledem k relativně malému počtu dominantních výrobců archívních datových řešení s ustálenou inovační strategií může být podpora konkrétního záznamového formátu menší než 10 let. To potvrzují i odborné analýzy, například společnosti Ovation Data Services podle svých analýz odhaduje životní cyklus datového nosiče v audiovizuální oblasti na 7 let.

Jelikož proces stárnutí a náhrady je nevyhnutelný, v praxi se přistupuje ke strategii pravidelné migrace dat. Tuto strategii obecně popisuje i standard OAIS, konkrétní metodologie potom závisí na typu a účelu archívu. Vzhledem k tomu, že se proces migrace dotýká všech součástí archívu, budu se otázkou migrace zabývat nejen ve vztahu k fyzickému úložišti a architektuře systému, ale s ohledem na vliv kompletního provázání s ostatními složkami instituce. V tomto směru čerpám z obecných standardů řízení jakosti výroby, konkrétně normy ISO 9001:2008. Tyto postupy bývají zejména v kreativních prostředích chápány jako byrokratické, dle mých zkušeností certifikovaného interního auditora však vhodně nastavené procesy výrazně pozitivně přispívají k efektivitě řízení instituce. Na tuto oblast poukazují zejména v kapitolách 6 a 7.

## **1.2 Členění práce**

V úvodu poskytuji základní přehled postupů kódování audiovizuálních dat a dále reprezentativní výčet formátů pro výrobu, distribuci a archivaci audiovizuálního obsahu. Na konkrétních příkladech ilustruji, jak se jednotlivé formáty liší a jaké

parametry jsou kritické pro dlouhodobou archivaci. Dále ukazují, jakým vztah k fyzickým nosičům dat, jejich vlastností a uvádím několik příkladů fyzického uspořádání dat v úložištích. Následuje kapitola věnovaná doprovodným informacím, která zahrnuje v praxi používané způsoby ukládání a formátování metadat a s tím spojené standardy.

Kapitola věnovaná architektuře systému porovnává referenční model OAIS s reálnou architekturou archívů budovaných v audiovizuálním průmyslu. Poskytuje pohled na způsob projektování a vytváření archívu a návazných systémů (MAM) a popisuje základní koncepty uchování a správy metadata v produkčním systému (MAM) a jejich vliv na konkrétní podobu archívu. V závěru práce se zabývám evaluací archívů a metodami hodnocení jejich důvěryhodnosti.

### **1.3 Použitá terminologie**

Tato práce se primárně zabývá archívy audiovizuálního obsahu, kde panuje značná terminologická nejednotnost. Vzhledem k tomu, že většina standardů v této oblasti pochází z oblasti zpracování televizního obrazu (standardizační skupiny EBU a ITU), uvádím zde terminologii vycházející z těchto zdrojů. Tato terminologie se liší od terminologie zavedené v normě ISO 14721:2003, a jelikož jsou odlišnosti spojené i s konceptem datového modelu, uvádím níže některé termíny v širších souvislostech jejich užití. V českém jazyce řada termínů nemá ustálené ekvivalenty, proto se pokusím na níže uvedeném vymezení definovat vztah jednotlivých označení pomocí vztahů užívaných u anglických ekvivalentů. Tam, kde by užívání českého termínu bylo zavádějící nebo nepřesné, uvádím jen anglický ekvivalent. V závorkách uvádím jednak příklady či doplňující informace, a rovněž anglické ekvivalenty nebo významy zkratk, pro odlišení kurzívou.

Hlavním předmětem archivace u popisovaného typu archívu je určitý typ elektronických informačních zdrojů, konkrétně zdroje ve formě elektronicky reprezentovaného obrazového či zvukového materiálu určeného nebo zpracovávaného pro potřeby audiovizuálního průmyslu. Termín audiovizuální průmysl používám ve smyslu odvětví, které se jako svou hlavní činností zabývá výrobou, zpracováním a distribucí obrazových a zvukových zdrojů informace, ať již na ziskovém, nebo

neziskovém základě. Víím, že toto vymezení je velmi hrubé a existuje řada hraničních oblastí, pro které budou zobecnění uvedená v práci platit jen omezeně. Samozřejmě jsem si vědom skutečnost, že současné archívy, aby mohly správně plnit svou funkci, musí uchovávat i doprovodné informační zdroje v další podobě, například digitální reprezentaci textu či statických obrázků. Tyto další typy informačních zdrojů však budu zmiňovat jen okrajově, a to zejména v kontextu jejich doplňkové funkce k informaci obsažené v primárně archivovaném audiovizuálním materiálu.

V rámci této práce rozumím pod pojmem audiovizuální materiál data se zakódovaným obrazovým, textovým nebo zvukovým obsahem v některém z datových formátů určených pro obrazovou akvizici, postprodukci nebo distribuci. Pro datové formáty dále platí, že tvoří soubory provázané způsobem vzniku (např. soubor obsahující zvuková informace související s obrazovými informacemi) nebo použitím (např. pro účely distribuce), pro takto provázané datové soubory se používá termín *rich media* (Austerberry, 2006). Procházení (*browse*) a vyhledávání (*searching*) těchto dat je možné pouze pomocí příslušných technologií, fyzicky jsou umístěna na datovém nosiči (pevném disku, páskovém nebo optickém médiu...). Archív audiovizuálního materiálu proto kromě audiovizuálního materiálu (*essence*) musí uchovávat i metadata, dohromady tvořící obsah archívu (*archive content*). Jelikož použití audiovizuálního materiálu je vázáno příslušnými autorskými právy (*rights*), musí archív uchovávat spolu s obsahem i příslušná práva (*asset*). Pro účely této práce budu používat následující česká označení:

**(audiovizuální) materiál** – angl. *essence* – data obsahující zakódované obrazové, zvukové, nebo textové informace

**informační objekt** – uzavřený soubor dat s definovaným obsahem

**metadata** – angl. *metadata* – doprovodná data, která se vztahují k materiálu, mohou být součástí informačního objektu

**práva** – angl. *rights* – textová data popisující autorská práva spojená s užitím materiálu

**položka** – angl. *asset* – materiál, metadata a práva

Pro správu položek se používá systém, pro který se užívá obecněji označení DAM, (*Digital Asset Management*). Podle typu určení nebo původu dat se dále objevují různá další označení užívající většinou třípísmenné zkratky jako MAM (*Media Asset Management*), WCM (*Web Content Management*), ECM (*Enterprise Content Management*) nebo BRM (*Brand Resource Management*). Žádný z výše uvedených termínů není standardizován a jejich užití se řídí zvyklostmi v oboru. Pro jednoduchost budu pro označení systému pro správu položek používat anglickou zkratku MAM ve smyslu *Media Asset Management*.

Referenční model OAIS dále specifikuje termíny spojené s informačním modelem, kterým se budu zabývat v kapitole 4, jelikož se ale o některých souvislostech zmiňuji již dříve, uvádím zde nejdůležitější z nich (v angličtině, neboť nejsou zavedeny odpovídající české ekvivalenty):

**Submission Information Package, SIP** – informační objekt, prostřednictvím kterého získává archiv data od jejich producenta nebo poskytovatele

**Archival Information Package, AIP** – informační objekt, který archiv používá pro uložení dat, sestává ze samotné archivované informace, metadat a informací spojených s uchováváním dat

**Dissemination Information Package, DIP** – informační objekt, který je určen pro cílové uživatele archivu, tedy výstup archivované informace z archivu směrem k třetím stranám

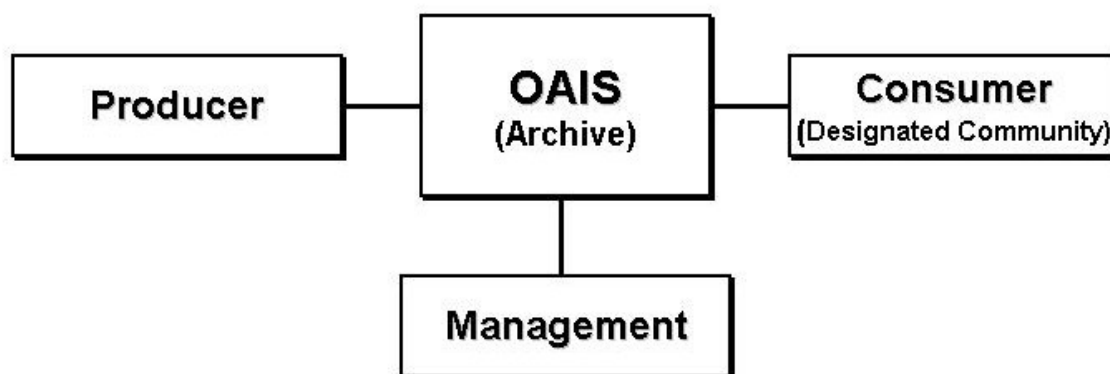
V práci budu dále používat anglický termín stream pro uspořádaný tok dat s definovanou strukturou a termín streaming pro přenos streamu v rámci určité datové přenosové soustavy. Ačkoli se v české literatuře objevuje i český ekvivalent proud a od něj odvozený termín proudování, vzhledem k relativně malému výskytu preferuji anglické verze obou termínů.

#### **1.4 Postavení archivu vzhledem k produkci archivovaného obsahu**

Produkce audiovizuálního obsahu roste výrazným způsobem díky dostupnosti výrobních prostředků. Toto obrovské množství dat v digitální podobě je distribuováno

ve velkém množství stále se měnící formátů a rovněž novými kanály a na různých nosičích. Archivace audiovizuálního obsahu se tak stala poměrně komplikovaným problémem i z krátkodobého hlediska. K tomuto problému je v různých odvětvích přistupováno odlišně s ohledem na původ archivovaného obsahu, jeho hodnotu a využití a v neposlední řadě s ohledem na dostupné finanční zdroje. Oblast archivace audiovizuálního obsahu je nesmírně široká, neboť samotná povaha audiovizuálních dat dovoluje tato data používat v mnoha oblastech k různorodým účelům. Archiv tak může fungovat jako samostatná instituce, tak jako účelová součást většího celku, kde slouží většinou pro uchovávání vlastní produkce.

Funkce archívu a přístup k obsahu může mít velký vliv například na požadovanou kvalitu, dobu archivace a vazbu na doprovodné informace. Referenční model OAIS definuje koncept funkčních rolí oddělující producenta (*Producer*) a konzumenta (*Consumer*) obsahu a samotný archiv s jeho správou (*Management*). Všechny tyto role mohou být přiřazeny v rámci jedné organizační struktury, podstatné je ale logické oddělení rozhodovacích pravomocí a zájmů spojených s archivačními aktivitami. Základní rozdělení rolí definovaných v OAIS referenčním modelu vypadá následovně:



*Základní role definované v OAIS referenčním modelu (převzato z ISO 14721:2003)*

V případě archívu provázaného s produkcí obsahu producenti a i konzumenti obsahu působí v rámci jedné struktury, a obvykle pravomoci správy archívu jsou podřízeny zájmům celé instituce. Nelze tak zcela oddělit postupy a cíle archivace od ostatních činností. Tuto skutečnost v rámci konceptu definovaného v referenčním

modelu OAIS považuji za významnou a práci se snažím identifikovat její důsledky. Pro vymezení specifické situace správy archívu budu ve své práci označovat archívy jako:

- **Produkční** – role správy archívu je podřízena roli řízení a správy celé instituce zahrnující i produkci obsahu
- **Sběrný** – role správy archívu je zcela nezávislá na produkci obsahu

Výše uvedené označení jsou koncepční a nelze je chápat jako ostře vymezené kategorie, i u instituce s vlastní produkcí obsahu může mít archív dostatečně samostatnou správu, pokud je například cílem instituce i dlouhodobé uchovávání obsahu (tak tomu může být například u veřejnoprávní televize).

Příkladem sběrného charakteru archívu mohou být knihovny, muzea nebo státní archívy, zde obvykle platí, že uživatelé archívů tvoří širší a různorodější skupinu a kvalita práce může být posuzována ze širších, až celospolečenských hledisek. Produkční charakter obvykle také znamená menší transparentnost samotné archivace, na uspořádání archívu má výrazný vliv hlavně zaměření jeho provozovatele a vnější kontrola se může uplatňovat jen zprostředkovaně (pozn. například prostřednictvím kontroly dodržování klausule o povinném uchovávání záznamů odvysílaných pořadů podle zákona 231/2001 sbírky o provozování rozhlasového a televizního vysílání). Dále také může znamenat, že například SIP (*Submission Information Package*) ve smyslu referenčního modelu OAIS je definován pouze na úrovni technologického řetězce, neboť to archívu obsah vstupuje zprostředkovaně přes produkční složky instituce.

Informace obsažené v audiovizuálním obsahu mají specifickou povahu, obraz a zvuk (v obecné formě) má prezentační charakter na rozdíl od informačního charakteru textu (Meyrowitz, 2006). Jinými slovy pro dekodování obrazových a zvukových informací je třeba zajistit určitou formu jejich prezentace (např. kvalitu dostatečnou pro identifikaci objektu) a velkou roli zde hraje kontext. Doprovodné informace (ve formě metadat) tak mohou být zásadní pro interpretaci informace obsažené v obraze nebo zvuku, například čas a způsob pořízení záznamu, lokalita nebo jména zobrazených osob. Některé z těchto informací nelze získat sebepečlivější analýzou digitálních dat. Dalším důležitým faktorem pro vytváření a správu archívu je



tedy přístup k doprovodným informacím, který je u produkčních archívů dán jejich provázaností s vytvářením obsahu, oproti tomu u sběrných archívů musí být přístup zajištěn na základě vztahu s externím producentem obsahu (viz ISO 14721:2003, referenční model OAIS, kapitola 2.3.2 interakce s producentem).

V jednotlivých částech této práce se pokusím ukázat, jaký má tento základní rozdíl vliv na architekturu a archív, proces archivace a samotný archivovaný obsah a jaké jsou důsledky tohoto rozdílu z hlediska vytváření standardů. Jelikož sběrný typ archivu lze posuzovat podle standardu ISO 14721:2003 (ve smyslu shody s doporučenými postupy) a této oblasti již byla věnována řada prací, (např. výstupy sdružení The Research Libraries Group - RLG, the National Archives and Records Administration - NARA, The Centre for Research libraries - CLR, the Digital Curation Centre - DCC, NESTOR, nebo Online Computer Library Centre - OCLC).

## **2 Audiovizuální materiál jako datový objekt, formáty**

### **2.1 Vazba na fyzickou reprodukci**

Audiovizuální materiál jako datový objekt je tvořený digitální reprezentací vizuální a zvukové složky, k jejichž smyslově vnímatelné prezentaci je nutné technické zařízení schopné převést data na příslušnou fyzikální reprezentaci. Zdrojem těchto dat může být jak zařízení pro převod a kódování fyzikálních veličin (světla nebo zvuku) do digitální podoby (kamera, mikrofon), tak i výpočetní systém (počítačem generovaná grafika nebo zvuk). Jelikož lze obraz a zvuk z digitálních dat rekonstruovat pouze s pomocí konkrétní technologie (například pomocí obrazovky a reproduktoru), je subjektivní a přímé posouzení funkčnosti jeho záznamu resp. archivace rovněž vázané na dostupnou reprodukční techniku. Z výše uvedeného je zřejmé, že potřeba migrace u audiovizuálního obsahu je spojena nejen se zastaráváním nosičů dat, ale i se změnou technologií pro reprodukci audiovizuálního obsahu.

### **2.2 Informace v audiovizuálním obsahu**

Z matematického pohledu lze přesně určit, zda při manipulaci s datovým objektem dochází ke ztrátě (nežádoucí změně) dat. U audiovizuálního obsahu je však jeho digitální reprezentace svázána s technologií pro jeho reprodukci, proto překódování do jiné reprezentace, i když může být z matematického hlediska ztrátové, nemusí znamenat v kontextu určité reprodukční technologie žádné vnímatelné rozdíly. Zásadní otázkou z hlediska dlouhodobého ukládání audiovizuálního obsahu je tedy hodnocení, co je pro zachování informace podstatné. Tato otázka má některé důležité implikace, například u archivace audiovizuálního díla se jedná o pořízení kopie, která v určitém časovém úseku převeze roli originálu (v okamžiku, kdy původní nosič nebude reprodukovatelný). Vzhledem k vývoji reprodukčních technologií může mít potom reprodukční řetězec jiné parametry, než technologie, pro niž byl původní obsah pořízen. Postupně lze také odstraňovat některé chyby v záznamu a reprodukci, například redukovat šum. Jakým způsobem bude však hodnocena shoda kopie s originálem, pokud lze kopii reprodukovat jen na jiných typech zařízení? Jaká míra

korekce „chyb původní technologie“ je žádoucí, a co je považováno za chybu a co za vlastnost původního obsahu?

Aby byla zřejmá závažnost této problematiky, uvedu dva příklady. Prvním je digitalizace filmového pásu, kdy například nedokonalá snímací i projekční technika v začátcích minulého století znamenala pro diváka specifickou zkušenost spojenou například s kolísáním rychlosti a jasu a s typickým obrazovým neklidem (pohyb celého obrazu po projekční ploše). Digitálním zpracováním lze většinu těchto jevů odstranit, stejně jako lze odstranit škrábance, nečistoty a dokonce částečně eliminovat filmové zrna. Do jaké míry se jedná o restaurování, pokud originál nebylo možné v této podobě fyzicky reprodukovat? Dalším velmi specifickým příkladem je videoart pracující s televizní obrazovkou s technologií CRT jako s tvůrčím médiem (např. Steina a Woody Vasulka, díla okolo roku 1970), kdy reprodukce díla prostřednictvím jiného zařízení (například LCD obrazovka) buď není možná, nebo je výsledný vjem diváka odlišný. Na tyto otázky se pokusily odpovědět některé instituce (např. holandské Montevideo, německé ZKM) a mezinárodní projekty např. OASIS.

V oblasti audiovizuální produkce se spíše uplatňuje měřítko subjektivního vnímání kvality (i algoritmy automatického vyhodnocování kvality vycházejí z fyziologicky vnímatelných parametrů). Identická kopie tak může být z tohoto pohledu definována jako kopie, jejíž vnímatelná podoba/kvalita je shodná s originálem. Jak bylo výše uvedeno, nemusí se jednat o kopii obsahující stejná data a s příchodem nových reprodukčních technologií se mohou rozdíly mezi kopií a originálem stát vnímatelné. Měření kvality obsahu se věnuji ve 3. Kapitole této práce.

### **2.3 *Reprezentace a formát dat***

Aby bylo možné data v digitální podobě dekodovat, musí být známá jejich reprezentace a uspořádání, v technické terminologii jejich formát. Samotný termín formát (*format*) má řadu významů, které se někdy specifikují podle použití nebo způsobu zacházení. Formát může označovat jak uspořádání dat, konkrétní reprezentaci - typ datového objektu/kontejneru (např. AVI), tak i fyzickou podobu nosiče (např. DVD), nebo kombinaci nosič plus médium (např. XDCAM). V audiovizuální oblasti se dále používají termíny akviziční formát (*acquisition*

*format*) pro označení nosiče a způsobu kódování dat určeného k pořízení obrazového nebo zvukového záznamu, a v podobném smyslu označení distribuční formát, záznamový nebo studiový formát, opět v souvislosti s použitím nosiče a způsobu kódování dat pro specifické použití.

V oblasti standardizace lze rozlišovat formáty definované podle SMPTE, kompresní formáty podle ISO/IEC a ITU-T, souborové formáty (*wrappers*) podle SMPTE a průmyslové standardy, což jsou standardy definované profesními sdruženími nebo výrobci. Jelikož se tato práce zabývá výhradně archivací dat v digitální podobě, budu v této práci používat samostatný termín formát výhradně ve významu datové struktury, tedy souboru dat. Samotné uspořádání dat do souboru má několik úrovní, kdy se kromě samotné reprezentace informace do datové struktury ukládají například bloky potřebné pro identifikaci, verifikaci, synchronizaci a dekodování. Formát je tedy třeba chápat vždy v rámci určitého technického prostředí, například přenosové soustavy, nosiče s určitou strukturou ukládání nebo operačního systému počítače.

U digitální reprezentace audiovizuálních informací lze při znalosti jejich schématu kódování provádět převádění do jiných schémat (transkódování), při čemž může a nemusí docházet ke ztrátě informací. Vzhledem ke skutečnosti, že převod mezi člověkem vnímatelnými veličinami a (digitálními) informacemi vždy zajišťuje technologie s konkrétními vlastnostmi, není informace o kódování dat dostačující pro jejich jednoznačnou interpretaci. V referenčním modelu OAIS je definován způsob ukládání a archivace dat ve formě „archívního informačního kontejneru“ (*AIP* - *Archive Information Package*), jehož součástí tvoří informace o reprezentaci (*RI* - *Representation Information*). V případě audiovizuálních dat tomuto modelu do jisté míry odpovídá praxe v rámci metadat ukládat i informace o procesu vytvoření (například systém snímání barevných složek v kameře) a následném zpracování (např. filtrování šumu) materiálu.

Ve srovnání formátů pro ukládání dat se zabývám i otázkou, jak mohou být konkrétní formáty doplněny o doprovodné informace, aby mohly dohromady tvořit strukturu odpovídající konceptu AIP.

## 2.4 Typy audiovizuálních dat

Vytváření obrazového nebo zvukového záznamu je vždy svázáno s jeho účelem a užitím. V perspektivě referenčního modelu OAIS účel souvisí s komunitou uživatelů, kterým je obsah primárně určen (*designated community*). Z hlediska této cílové komunity lze audiovizuální záznamy rozdělit na:

- **obecné** - určené širokému spektru uživatelů (diváku) a reprodukovatelné prostřednictvím běžných audiovizuálních technologií
- **specializované** – které vznikají pro specifickou aplikaci (např. vědeckou), a musí plnit konkrétní, např. diagnostický účel, mohou a nemusí být reprodukovatelné jen pomocí specializovaného zařízení

Data získaná pro specializované záznamy mají kódování odpovídající účelu, formáty a případnou kompresi popisují příslušné oborové normy a vývoj kódování a formátů sleduje požadavky příslušné specializace. Příkladem může být formát DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*) pro medicínské aplikace, který například nepřipouští ztrátovou kompresi. Vzhledem k velkému množství specializovaných formátů a specifickými podmínkami jejich užití se jimi nebudu v této práci zabývat, neboť srovnání s metodologií vyplývající ze standardu ISO 14721:2003 by vyžadovalo rozbor praxe u každé ze specifických oblastí.

U obecných audiovizuálních záznamů lze dále rozlišovat, zda se jedná o samostatnou obrazovou a zvukovou složku, a zda je tato složka určena k samostatné distribuci. Pro zjednodušení se v této práci nebudu zabývat audiovizuálními daty obsahujícími samostatnou zvukovou nebo obrazovou složku pro samostatnou distribuci. Zejména v případě audio složky se jedná o poměrně rozsáhlou oblast záznamu a zpracování zvuku, která je však z hlediska pořizování, zpracování a archivace součástí postupů používanými producenty obecných audiovizuálních záznamů. Specifické formáty pro pořizování či distribuce pouze zvukové nebo obrazové složky z hlediska archivace nepřinášejí nové požadavky oproti požadavkům na archivaci kompletního obrazu a zvuku.

## **2.5 Formáty kódování a komprese**

Bez ohledu na konkrétní formát datového souboru lze zvlášť popsat způsob, jakým jsou kódovány datové reprezentace fyzikálních veličin a dále jak se tato data s ohledem na jejich původ upravují a komprimují. Tyto způsoby kódování dat a komprese jsou rovněž upraveny v příslušných standardech. V následující kapitole popisují nejužívanější postupy kódování a komprese audiovizuálního obsahu, uvádím pouze základní specifikace a zabývám se implikacemi jejich použití pro archivaci. Vzhledem k relativně rychlému vývoji formátů a obecné potřebě migrace lze tuto kapitolu chápat zejména jako ilustraci aktuálně používaných technik a možných důsledků užití specifických formátů pro ukládání audiovizuálních dat. Konkrétní využití je vždy svázáno s určitou technologií respektive aplikací, což platí i pro standardizované formáty a postupy, proto je třeba brát jistá dále uvedená zobecnění jen jako přibližná a odvozená z podstaty uvedených postupů.

### **2.5.1 Kódování zvukových a obrazových informací**

Kódování obrazových a zvukových dat vychází z digitální reprezentace elektrických signálů nesoucích informace o světle nebo akustickém vlnění. Toto kódování proto reflektuje způsob snímání respektive rekonstrukce obrazu a zvuku, například snímání jen určitých barevných složek spektra a opětovnou rekonstrukce pomocí těchto složek. Dále odráží konkrétní technický způsob převodu z analogové formy elektrických signálů do formy digitální (A/D převodník), například přiřazení k určitému rozsahu číselných hodnot a definici tohoto přiřazování v čase. Bez informace o této reprezentaci je zakódovaná informace neinterpretovatelná. Jelikož digitální reprezentace byly vyvinuty na základě elektronických metod zpracování signálu, které reprezentují fyzikální veličiny v analogové doméně, odkazují často tyto reprezentace na normy v oblasti zpracování a šíření signálů (např. televizní norma PAL).

Digitální podoba je oproti analogové nespojitá, proto velký význam hraje i samotný převod – vzorkování a digitální reprezentace také odráží tento proces (u

obrazových dat například snímkovou frekvenci). Nespojitosť digitální reprezentace se projevuje i v jejím (možném) členění na diskrétní celky. Konkrétnímu časovému okamžiku je tak přiřazeno definované množství informací, u obrazu se jedná o snímek, u zvuku potom o reprezentaci příslušného počtu zvukových reprezentací (stop, kanálů). Volba typu a uspořádání těchto diskrétních celků významně ovlivňuje výslednou reprezentaci audiovizuálního obsahu a jejich znalost je nezbytná pro správnou rekonstrukci. Jak kompresní algoritmy, tak i datové formáty pracují s touto reprezentací, proto je tato důležitou součástí RepInfo ve smyslu referenčního modelu OAIS.

Aktuálně používané způsoby kódování záznamu pohyblivého obrazu vycházejí z barevného prostoru RGB a maticového způsobu zobrazení, kdy je jeden snímek obrazu tvořen maticí bodů s definovanou barvou. Způsob vytváření barvy je dán vlastností konkrétní technologie, obecně se u aktivních zobrazovacích prvků obrazová informace vytváří skládáním tří světelných zdrojů – zeleného, červeného a modrého. V digitální reprezentaci to znamená, že u každého obrazového bodu musí být definovány hodnoty těchto tří složek (s případnou korekcí pro daný typ zařízení) nebo složek odvozeného barevného prostoru. Přesná definice složek RGB vychází původně z konstrukce televizních přijímačů a snímacích zařízení, úvod do této problematiky poskytuje např. Vít (Vít, 1997). V praxi se dále používá reprezentace YUV, kterou lze získat přímým přepočtem reprezentace RGB.

Kódování zvuku je z hlediska vazby na fyzikální veličiny jednodušší, neboť snímání i reprodukce vlnění přiřazuje konkrétnímu akustickému tlaku konkrétní hodnotu v čase. Pro konkrétní kódování je tedy třeba znát způsob přiřazení (logaritmický/lineární), rozsah hodnot a frekvenci v čase. Informace o šíření v prostoru se potom kóduje pomocí více zvukových kanálů, které odpovídají konkrétně umístěným snímačům respektive zdrojům zvuku. Uspořádání, kódování a vzájemné vazby kanálů jsou definovány v komerčních standardech, např. DOLBY PRO LOGIC. U audiovizuálního záznamu je dále důležitá vzájemná vazba obrazového a zvukového obsahu, která umožňuje synchronní reprodukci.

## 2.5.2 Principy komprese audiovizuálních dat

Primárním účelem komprese je snížení objemu dat a/nebo datového toku při co nejnižší viditelné degradaci obrazu nebo zvuku. V zásadě se používají dva typy komprese, bezztrátová a ztrátová. Bezeztrátová komprese vychází z matematických algoritmů kódování a snižování redundance číslcově reprezentovaných informací. Jako příklad může sloužit Run Length Encoding (algoritmus RLE) nebo Huffmanovo kódování (např. algoritmy G31D, G32D nebo G42D). Řada algoritmů se specializuje na použití na obrazová data, ale je možné použít i obecné algoritmy, jako je slovníkové kódování (například algoritmus LZW - podle autorů Lempel – Ziv – Welch), podrobnější popis viz např. Žára (Žára et al., 2005). U bezztrátové komprese lze při znalosti kompresního algoritmu vždy plně zrekonstruovat původní datový objekt, proto je z hlediska archivace nejvhodnější, bohužel její relativně nízká účinnost oproti ztrátové vede k jejímu výrazně nižšímu využívání v praxi.

U ztrátové komprese je specializace na konkrétní typ (obsah) dat zásadní, proto se pokročilé kompresní algoritmy pro audiovizuální obsah zaměřují na odstranění informací, které jsou z hlediska fyziologie vnímání obrazu a zvuku méně podstatné. Tyto kompresní algoritmy zohledňují povahu audiovizuálního obsahu, vlastnosti reprodukční techniky a poznatky o způsobu vnímání reprodukováného obrazu a zvuku. V praxi jsou proto i kompresní algoritmy optimalizované pro konkrétní použití (např. distribuce pro mobilní telefony na jedné straně spektra, kino projekci na straně druhé). U pohyblivého obrazového záznamu je potom možné komprimovat data v prostorové (*spatial*) a v časové (*temporal*) rovině, což u nespojitě reprezentace obrazu rozděleného na sekvenci snímků znamená kompresi v rámci snímku (*intraframe*) a mezi snímky (*interframe*). Kompresní algoritmy také vychází z členění dat u příslušného formátu ukládání, pokud příslušný formát například ukládá jednotlivé snímky odděleně (např. JPEG), přichází v úvahu jen komprese uvnitř snímku. Jelikož nejsou standardizovány žádné kompresní a kódovací formáty určené specificky pro archivaci audiovizuálních dat, zabývám se dále obecně používanými kompresními postupy a standardy. U jejich popisu se zaměřuji zejména na faktory, které mohou působit obtíže při migraci na jiný typ komprese. Popisy kompresních standardů vychází z příslušných norem a z přehledové publikace Watkinsona (Watkinson, 2004). Kompresní algoritmy jsou poměrně dobře dokumentované a



popsané v literatuře a proto se nebudu jejich rozbořem detailněji zabývat. U komprese zvukových dat se s ohledem na jejich výrazně menší objem používají ztrátové kompresní algoritmy v menší míře než v případě obrazových dat, z toho důvodu se zaměřím na druhé zmíněné.

### 2.5.3 Komprese uvnitř snímku

Algoritmy po komprimaci videa v rámci snímku vchází z podobných technik, jako u statických obrázků. Používají se postupy jako redukce barev, diskretní kosinová transformace a kvantizace. Řada technik pracuje s rozdělením obrazu na makrobloky, tedy na oblasti o rozměrech např. 8x8 obrazových bodů, které se zpracovávají samostatně. Dalšími užívanými postupy jsou vlnkové (*wavelet*) a fraktálové komprese, které ovšem vyžadují větší výpočetní výkon. Obecně platí, že pro uložení obrazu lze použít řadu statických komprimovaných snímků například s bezztrátovou kompresí, ale efektivita komprese bude oproti mezisnímkové kompresi nižší. Míra komprese, stejně jako u mezisnímkové komprese silně závisí na komprimovaném obsahu a obecně některé algoritmy jsou pro určitý typ obsahu méně vhodné (např. JPEG pro černobílý obraz).

### 2.5.4 Kompresní algoritmy JPEG a JPEG2000

Metoda řízené ztrátové komprese JPEG patří k nejstarším dosud hojně používaným standardizovaným postupům (standard ISO/IEC 10918–1 z roku 1992), za kterým stojí stejnojmenná skupina JPEG (*Joint Photographic Experts Group*). Je vhodná především pro kódování obrazových souborů, u nichž mají sousední body (*pixels*) blízké barvy. Její použitelnost klesá s počtem barev, u černobílého obrazu má potom za následek jeho rozmazání. Metoda používá diskretní kosinovou transformaci a proces komprese sestává z pěti kroků (Žára et al., 2005):

1. Transformace barev
2. Redukce barev

3. Dopředná kosinová transformace (DCT)
4. Kvantování koeficientů (DCT)
5. Kódování

Nástroje na kódování zpravidla dovolují nastavit parametry komprese, proto se výsledný soubor může velmi lišit co do velikosti i kvality. U vyšší komprese bývají chyby snadno rozpoznatelné, zejména na rozhraní makrobloků (podrobněji viz kapitola 2.5.6. Chyby a artefakty způsobené kompresí)

Omezení, která s sebou nese dělení obrazu na makrobloky, a s ním spojené problémy, řeší nástupce formátu JPEG s označením 2000 (podle roku publikace). Tento formát je rovněž standardizován jako ISO/IEC 15444-2. Obraz se kóduje jako celek s použitím funkcí označovaných jako vlnky (*wavelet*), v rámci jednoho souboru dat lze vlnkové transformace použít opakovaně a uchovávat obraz v několika rozlišeních. Z hlediska kvality je důležitá i možnost použít bezztrátovou kompresi (Žára et al., 2005). V posledních letech se množí implementace tohoto kompresního algoritmu v audiovizuálním průmyslu zejména u ukládání obrazu ve vysokém rozlišení a pro distribuci obsahu pro digitální kina. Existuje řada konkrétních souborových formátů pro ukládání pohyblivého obrazu, včetně verze kontejneru MXF (viz kapitola 2.6.1. Formát MXF – *Material eXchange Format*). V každém případě se jedná o výpočetně velmi náročnou kompresní metodu.

Hodnocením použitelnosti algoritmu JPEG2000 (respektive varianty pro pohyblivý obraz MJPEG) se zabývá například Pearson a Gill (Pearson, Gill, 2005). Ukazuje se, že speciálně bezztrátová varianta může být velmi výhodná při požadavku na vysokou kvalitu například u digitální reprezentace filmového obrazu ve vysokém rozlišení (4K), u standardního rozlišení se kvalita přibližuje moderním algoritmům jako je MPEG-4. Celková efektivita komprese je samozřejmě nižší než u algoritmů kombinující kompresi v rámci snímků s kompresí mezi snímky (Pearson, Gill, 2005).

## **2.5.5 Kompresní algoritmus MPEG**

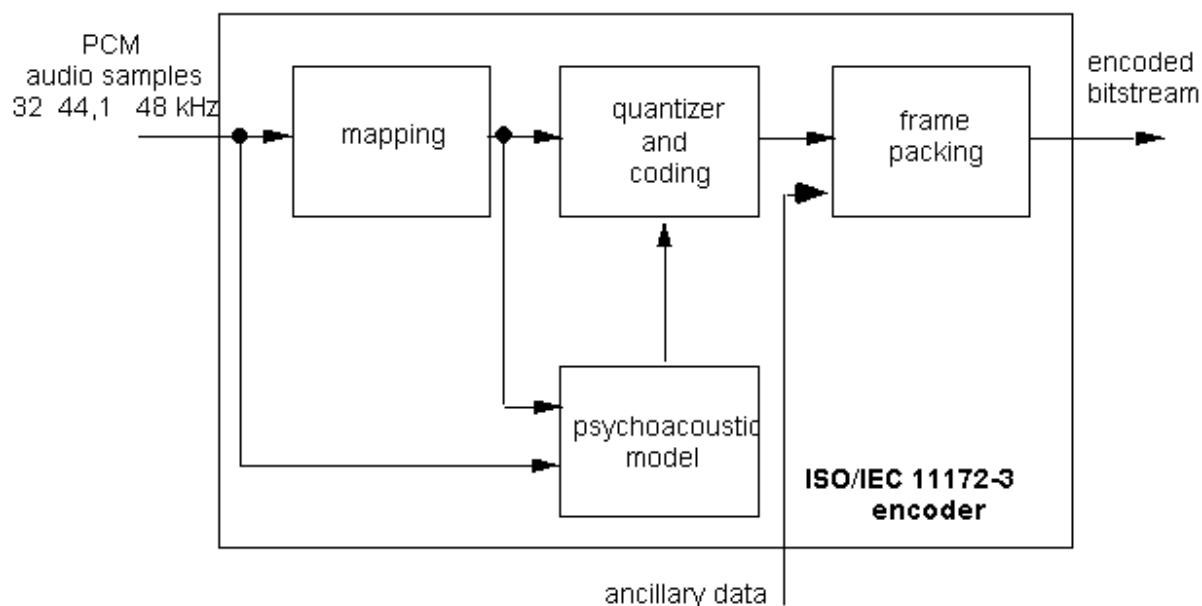
Proces ISO standardizace kompresních formátů pro pohyblivý obraz sahá relativně daleko do historie a je spojen s ustavením pracovní skupiny Moving Picture Experts Group (původně ISO/IEC JTC1/SC29/WG1) v roce 1988, kdy rovněž započala práce na vývoji formátu MPEG-1. Zde je důležité poznamenat, že se nejednalo pouze o samostatný vývoj kompresního algoritmu, ale o komplexní snahu o návrh standardizovaného postupu pro ukládání obrazu a zvuku v digitální podobě. Probíhalo intenzivní testování řady v té době dostupných kodérů, postupy s nejlepšími výsledky byly pak použity jako základ pro vyvíjený standard. První verze standardu nazvaná MPEG-1 byla publikována v roce 1992, v té době již pobíhaly práce na jeho nástupci – standardu MPEG-2 (Fogg et al., 1997). Pro standardy MPEG je charakteristické, že definují pouze výsledné uspořádání dat a způsob jejich dekódování (dekomprimace), nepopisují ale detailně, jak má pracovat kodér. Konkrétní implementace doporučených postupů komprimace tak leží na vývojářích aplikace, což v reálné praxi vede k významným rozdílům v kvalitě a efektivitě jednotlivých implementací. Za zmínku stojí i nelineární číslování standardů, v současnosti jsou publikovány standardy MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4, MPEG-7 a MPEG-21, z nichž poslední dva zmíněné se nezabývají kódováním samotných audiovizuálních dat, ale mají doplňkovou funkci, lze je používat samostatně a popisují zejména uspořádání doprovodných dat (podrobněji kapitola Standardy popisných metadat). Často oblíbeným omylem je také spojování formátu pro ukládání komprimovaných zvukových souborů MP3 s neexistujícím standardem MPEG-3, ve skutečnosti se jedná o algoritmus pocházející ze specifikace zvukové vrstvy v MPEG-1 (MPEG-1 Audio Layer 3).

### **2.5.5.1 MPEG-1**

Samotný standard (stejně jako jeho pozdější verze) má několik částí (konkrétně 5). První popisuje způsob, jakým lze zkombinovat jeden nebo více streamů (kanálů) obrazových a zvukových informací zakódovaných podle příslušných částí standardu MPEG-1 do jednoho souboru nebo streamu. MPEG-1 Part 2 (druhá část) specifikuje způsob kódování a komprese obrazových sekvencí tak, aby bylo

možné přenést obraz se 625 respektive 525 řádky (odpovídající standardům PAL nebo NTSC) s datovým tokem do 1,5 Mb/s. Zavádí řadu technik, které budou dále zdokonalovány v následujících verzích standardu MPEG, například mezisnímkovou kompresí. U mezisnímkové komprese se využívá skutečnosti, že v po sobě následujících snímcích nemusí docházet ke změně obsahu a tudíž lze ukládat jen změny, zakódované pomocí DCT a dále kvantizované. Pracuje se s tzv. skupinou obrázků (*GOP, Group of Pictures*), a přenáší se tak tři typy snímků označované písmeny I, P a B. Zatímco snímek I obsahuje všechny informace, snímek typu P vznikne na základě „předpovědi“ pohybu objektů z I snímku. Snímky B potom představují rozdíl mezi I a P snímky. K výpočtu těchto dílčích snímků se využívá tzv. kompenzace pohybu (*motion compensation*).

Část 3 standardu popisuje způsob kódování zvukových informací (viz odvozený formát MP3) s využitím mapování, které vytváří filtrovanou informaci s nižším vzorkováním. Dále se pracuje s psychoakustickým modelem, který poskytuje data pro řízení kvantizace a kódování. Tyto techniky vedou výrazné redukci dat (datového toku) a proto se masově uplatnily i při samostatné kompresi zvuku.



*Uspořádání systému pro kódování zvuku (převzato z ISO/IEC 11172-3)*

Čtvrtá část MPEG-1 specifikuje způsob testování, zda výsledný soubor resp. datový stream a dekodér odpovídají specifikaci definované v částech 1,2 a 3

standardu. Konečně pátá část není ani tak standardem, jako spíše technickou zprávou o konkrétní implementaci prvních tří částí standardu.

Kompresce MPEG-1 (zejména MPEG-1 Part 2, s datovým tokem 1-1,5 Mbit/s) se používá zejména s ohledem na kompatibilitu se staršími softwarovými přehrávači a snadnou vazbu na časový kód, použití modernějších kompresních standardů (např. WM9, MPEG-4) však může přinést výraznou úsporu místa při zachování vysoké kvality. Součástí datového standardu MPEG-1 je i popis doprovodných dat, který dovoluje ukládat například D-VITC a LTC časové kódy.

#### 2.5.5.2 MPEG-2

Dekodéry vyhovující standardu MPEG-2 jsou zpětně kompatibilní se standardem MPEG-1 (reprodukuje tento formát). MPEG-2 má aktuálně 10 částí (1 až 11, část 8 byla vynechána pro malý zájem). Členění prvních částí je podobné, jako u MPEG-1. První část definuje dva typy výstupního streamu, programový a transportní, každý je optimalizovaný pro jiný typ užití. Transport stream našel uplatnění u řady aplikací přenosu dat mezi zařízeními, obě specifikace jsou hojně využívány v praxi. Druhá část přináší významné rozšíření oproti MPEG-1 v podobě profilů (*profiles*) a úrovní (*levels*).

Aplikace standardů pro komprimaci videa jsou poměrně široké a pokrývají různé oblasti zpracování obrazu, od pořizování záznamu, přes studiové zpracování až po distribuci. Proto MPEG-2 pro různé úrovně (*levels*) a profily definuje parametry kódování a vzorkování, čili označení určitého formátu může například být MPEG-2 422 MP@ML (vzorkování 4:2:2, *Main Profile at Main Level*). Různé profily a úrovně také určují možné rozlišení, datové toky a v případě profilu pak i komplexitu kódování.

Třetí část se podobně jako u MPEG-1 zabývá kódováním zvuku, části 4 a 5 rovněž korespondují s příslušnými částmi MPEG-1. Další části standardu MPEG-2 popisují protokoly pro řízení a správu MPEG-1 a MPEG-2 streamů, vícekanálového kódování zvuku, Real-Time rozhraní (RTI – *Real-Time Interface*) a správu duševního vlastnictví (*Intellectual property management*). Hlavní vylepšení oproti

MPEG-1 spočívání v podpoře různých typů vzorkovacích schémat (MPEG-1 podporoval pouze schéma 4:2:0), v standardizované možnosti kódovat prokládané snímky (vycházející z televizních přenosových standardů) a ve vyšších datových tocích. Kódování zvuku přináší více než dva kanály (až do uspořádání 5.1). Další vylepšení je spojené se zdokonalenými algoritmy pro práci s pohybovými vektory, zjednodušeně vypočtenými dráhami makrobloků, na jejichž základě se vytvářejí a pak zpětně rekonstruuji snímky typu P a B (viz popis MPEG-1). Z výše uvedeného výčtu komplexních specifikací a technik je zřejmé, že velmi záleží na konkrétní implementaci kodéru, protože některé operace (například stanovení pohybových vektorů) mají významný vliv jak na efektivitu komprese, tak na kvalitu výsledného obrazu.

<b>Profil (zkratka)</b>	<b>Označení</b>	<b>Kódování snímků</b>	<b>Samplovací schéma</b>	<b>Škálovatelnost</b>
SP	Simple profile	I, P	4:2:0	ne
MP	Main profile	I, P, B	4:2:0	ne
SNR	SNR Scalable profile	I, P, B	4:2:0	SNR škálovatelné
Spatial	Spatially Scalable profile	I, P, B	4:2:0	SNR nebo prostorově škálovatelné
HP	High profile	I, P, B	4:2:0, 4:2:2	SNR nebo prostorově škálovatelné

*MPEG-2 profily a vybrané parametry*

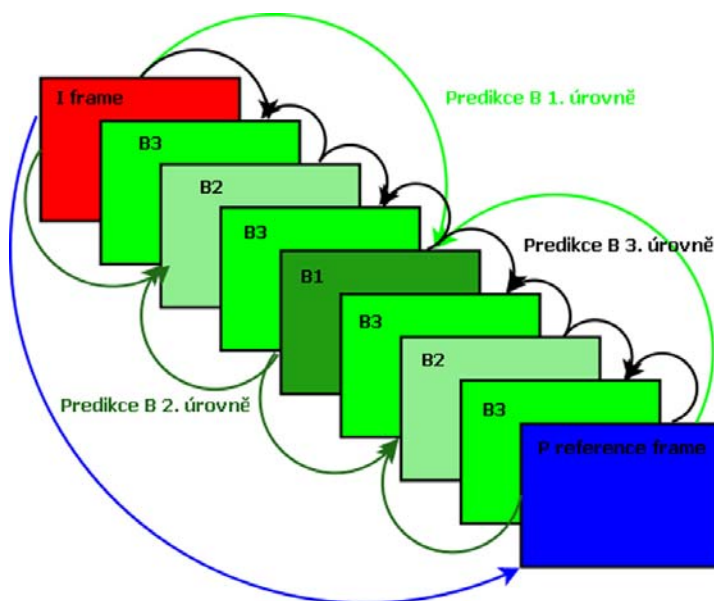
<b>Úroveň (zkratka)</b>	<b>Označení</b>	<b>Max. rozlišení</b>	<b>Max. snímková frekvence [Hz]</b>	<b>Max. bitový tok [Mb/s]</b>
LL	Low	352 x 288	30	4
ML	Main	720 x 576	30	15
H-14	High-1440	1440 x 1152	60	60
HL	High	1920 x 1152	60	80

*MPEG-2 úrovně a vybrané parametry*

### 2.5.5.3 MPEG-4

MPEG-4 představuje zatím poslední generaci standardu MPEG věnovanou kompresi obrazu a zvuku, a přináší některá velmi sofistikovaná vylepšení vedoucí k dalšímu zefektivnění komprese při zachování nebo snížení datového toku (nebo objemu). Jedná se o velmi komplikovaný a komplexní standard, který má v současné době 27 částí, které zahrnují i tak speciální oblasti jako je například komprese 3D grafických objektů. Například zatímco MPEG-1 a 2 používají pevně definované makrobloky, u MPEG-4 se mohou adaptivně přizpůsobovat obsahu obrazu. Zjednodušeně řečeno pokud jeden makroblok obsahuje jen modrou oblohu, lze tuto část popsat minimálním množstvím dat a u MPEGu-4 bude zabírat část snímku s modrou oblohou (v rámci pravoúhlých tvarů). Dalším inteligentním postupem definovaným v MPEG-4 je potom vyhodnocování podobnosti makrobloků uvnitř snímku a jejich kódování na základě podobnosti (slice encoding), kdy některé makrobloky fungují jako referenční a ostatní jsou od nich odvozeny.

Kvalita obrazu a případné problémy potom ovlivňuje zejména způsob dalšího zpracování makrobloků. Obvykle se převádí do frekvenční domény prostřednictvím diskrétní kosinové transformace, provádí se kvantizace (převod do celočíselné podoby) a kódování. Zlepšení efektivity u MPEG-4 přineslo například kontextově-adaptivní kódování s proměnnou délkou (CAVLC) nebo kontextové adaptivní binární aritmetické kódování (CABAC). MPEG-4 dále přináší významné vylepšení techniky pohybových vektorů zlepšující kódování komplexních scén. Zatímco u MPEG-2 se používaly pro predikci pevně definované snímky, MPEG-4 přichází s konceptem vícenásobných referenčních snímků a hierarchie referencí. Díky tomu se lze lépe vypořádat s náhlými změnami v obraze, které přináší např. kamerový střih. Mezi dalšími vylepšeními u MPEG-4 stojí za zmínku další typy mezisnímků SI a SP (*SI – switching Intraframes a SP – switching predictive frames*), dovolující v dekodéru volit mezi referenčními snímky a tím efektivněji odstranit chyby vzniklé výpadky v signálu nebo přepínáním kanálů. Samozřejmě záleží na konkrétní implementaci, které s těchto technik kodér využije.



*Příklad návaznosti jednotlivých snímků v sekvenci s víceúrovňovou predikcí*

Stejně jako u MPEG-2, i u MPEG-4 jsou definovány různé profily a úrovně, např. MPEG-4 AVC Main Profile umožňuje prokládané snímky a CABAC kódování.

Z výše uvedeného přehledu standardu například vyplývá, že pouhý odkaz na příslušný standard (například MPEG-2) jako součást Repository Information ve smyslu standardu OAIS nepostačuje pro rekonstrukci obsahu, ani pro identifikaci vhodného reprodukčního systému, který nemusí podporovat některé dílčí specifikace standardů.

## 2.5.6 Standardy ITU-T

ITU (*International Telecommunication Union*) vytváří široce uznávané telekomunikační standardy již od roku 1865. Vzhledem k rozšíření komunikačních služeb pracujících s obrazem a zvukem v digitální podobě (např. videokonferenční systémy) pracuje její část ITU-T Video Coding Expert Group (VCEG) na vlastních standardech komprese audiovizuálního obsahu. Tyto standardy jsou označovány písmenem a číslem, například H.263. Standardy rodiny H.26x obvykle využívají techniky definované ve standardech MPEG. Zmíněný standard H.263 posloužil jako základ řady proprietárních kodeků, například pro formát Flash často využívaný Sorenson. Standard H.263 má několik verzí označovaných písmenem a číslem



(např. H.263v3), obsahující různá doplnění původního standardu, například o další profily a techniky zlepšující efektivitu komprese.

Zatím poslední standard v řadě s označením H.264 je výsledkem úzké spolupráce skupin v rámci ITU-T a MPEG, odpovídá části 10 specifikace MPEG-4 (MPEG-4 Part 10). Díky dohodě obou standardizačních skupin jsou tyto standardy spravovány společně, čili jsou technicky identické. Stejně jako u MPEGu jsou u H.264 definovány různé profily a úrovně (*profiles, levels*), popisující například rozlišení a maximální datové toky. Standard H.264 označovaný rovněž jako AVC (*Advanced Video Coding*) přináší aktuálně jedny z nejpokročilejších nástrojů na kompresi digitálního audiovizuálního obsahu a využívá se v řadě aplikací, například u formátu Blue-ray Disc (více např. Sullivan et al., 2004). Stal se rovněž základem pro řadu proprietárních průmyslových formátů, například AVCHD společností Panasonic a Sony nebo VC1 společnosti Microsoft.

Podobně jako verze H.263, i standard H.264 je průběžně rozšiřován, například dodatek G (Annex G) přináší specifikaci škálovatelného kódování videa (Scalable Video Coding), což umožňuje vytvářet streamy dat, které obsahují další streamy dat s menším počtem vzorků, což přináší výhody při síťové distribuci. Součástí standardu je i definice Network Abstraction Layer (NAL), síťové vrstvy, která dovoluje použít pro video stejnou syntaxi pro různá síťová prostředí.

### **2.5.7 Chyby a artefakty způsobené kompresí**

U ztrátové komprese může docházet k viditelné degradaci obrazu. Jelikož při reprodukci se uplatňuje několik technických faktorů současně, může docházet k chybám reprodukce, které jsou způsobeny redukcí (vypuštěním části) dat nebo nedostatky v reprodukčním řetězci (např. nedostatečný výkon dekodéru, pomalé čtení nebo přenos dat). Naopak některé chyby nemusí být patrné díky nedostatečné kvalitnímu zobrazovači nebo kompenzacím při přehrávání (filtrování).



*Ukázka chyb komprese – viditelné makrobloky a komáří šum*

Řadu z problémů vznikajících při dekódování lze totiž filtrovat a dekodéry tak v mnohých případech činí. Odstraňují se tak například viditelné přechody mezi makrobloky nebo známý komáří šum (*mosquito noise*), který vzniká okolo hran objektů. Hůře se odstraňují různé chyby kvantizace a problém často přináší nesprávné zpracování pulsů. Nejsnáze lze pozorovat chybně dekódované makrobloky, jak ve statickém obraze, tak při mezisnímkové kompresi, kdy mohou například být statické části obrazu v pořádku a objekty v pohybu obsahují špatně spočítané části (makrobloky). Vzhledem k tomu, že efektivita komprese značně závisí na obsahu obrazu a v praxi se nejčastěji používá kódování s pevným datovým tokem (například 25Mb/s), problémy vznikají u komplexních scén s množstvím detailů, které se mění v čase (typicky celek stromů s listím ve větru). V těchto případech se mohou objevit

další negativní jevy pozorovatelné při reprodukci, například tzv. vlnový šum (*Wavy noise*). Podobným způsobem se při nevhodném kódování P a B snímků může projevit tzv. efekt špinavého okna (*dirty windows effect*), kde se artefakty jeví statické oproti pohyblivému pozadí. Asymetričnost MPEGu, ve smyslu poměrně jednoduché konstrukce dekodéru oproti kodéru (která je zvlášť u MPEG-4 významná), by měla vést k jednoduchým a dostupným přehrávačům. Nicméně u pokročilých algoritmů dekódování v reálném čase vyžaduje značný výpočetní výkon, realizovaný obvykle pomocí obvodů DSP. Kvalita dekodéru se může radikálně lišit a některé filtrace v kombinaci s určitým typem zobrazovače mohou řadu nedostatků v obraze zakrýt, zejména pro netrénovaného pozorovatele. Pokud tedy archiv provádí migraci neodborně například s nevhodně zvoleným cílovým kompresním formátem a profilem a její výsledky kontroluje nevhodnými prostředky, může tato migrace vést nenávratně ztrátě informací i při aplikaci standardizovaných kompresních algoritmů a profesionální techniky.

V praxi již existují komerčně dostupné nástroje na automatickou kontrolu kvality (QC, více o této problematice v kapitole 3) umožňující detekci některých chyb v obraze způsobených kompresí (například viditelné makrobloky), řadu z problémů však lze analyzovat výpočtem jen velmi obtížně. Nejvhodnější cesta na hodnocení kvality komprimovaného obsahu je přímé vizuální srovnání originálu s komprimovanou kopií na co nejkvalitnějším reprodukčním řetězci (s vypnutými automatickými korekcemi dekódovaného obsahu). Pokud se srovnává analogový nebo filmový originál s digitalizovanou a komprimovanou kopií, musí hodnotitel projít tréninkem, neboť při digitalizaci se často používají technologie pro odstranění šumu a redukci filmového zrna (aby se snížili nároky na kompresi). Výsledná digitální kopie tak může subjektivně působit pro neškolené oko lépe i v případě, že oproti originálu došlo ke ztrátě informací (např. dynamický rozsah, detaily).

U kompresních algoritmů s mezisnímkovou kompresí užívajících skupinu snímků (GOP, platí např. pro standardy MPEG-1,2 a 4) je rovněž ztráta informace svázána s délkou GOP. Jelikož již při stanovování pohybových vektorů dochází k nepřesnostem, které vycházejí z principu samotné metody (a přenášejí se proto i opravné kódy, které tyto nepřesnosti částečně kompenzují), rostou s délkou GOP sekvence snímků i ztráty dat. Jelikož informace o délce GOP bývá obsažena

v hlavičce souboru, lze podle ní v prvním kroku usuzovat na možné problémy s kvalitou. Stejně tak lze v hlavičce přenášet informace o kvantizačních koeficientech (minimální a maximální hodnota), což opět vypovídá o úrovni komprese. Systémy na automatizovanou kontrolu kvality dokážou tyto informace číst, a podle nich například filtrovat soubory.

## **2.6 Formáty pro ukládání audiovizuálních dat**

Jak již jsem popsal v kapitole 2.3, termín formát je velmi nejednoznačný a v určitých případech užití může vést k nedostatečné specifikaci (např. označení „uložení ve formátu AVI“ nespecifikuje kódování obsahu). V kapitole 2.3. jsem rovněž uvedl, že uspořádání datové struktury je svázáno s konkrétním technologickým prostředím (např. přenosovou soustavou – datovou sítí, datovým nosičem nebo úložištěm s konkrétním uspořádáním). Ve smyslu referenčního modelu OAIS může takto pojatá datová struktura plnit roli SIP, AIP nebo DIP (*Submission, Archival, Dissemination Information Package*), zejména u složitějších datových struktur se tak v praxi některé formáty využívají (např. MXF).

Vzhledem k rychlému vývoji technologií, a zejména s ohledem na různé platformy a aplikace není standardizován (ve smyslu ISO nebo SMPTE) jednotný souborový formát pro ukládání obrazových a zvukových dat. Vždy je tedy třeba znát informace o konkrétní implementaci kódování (komprese) a formátování (hlavičce) souboru. Jelikož konkrétní implementaci kódování provádí konkrétní typ kodéru (SW nebo HW), dekodování souboru závisí na tom, na kolik výrobce dekodéru tuto informaci sdílí s ostatními výrobci. Existují tak formáty ryze proprietární, které lze rekonstruovat pouze prostřednictvím konkrétní technologie, a formáty aspirující na průmyslový standard, jejichž specifikaci výrobci uveřejňují nebo poskytují za úplatu. V některých případech je strategie autorů formátu komplikovaná, například poskytují za úplatu jen popis dekodéru. Bohužel díky tomu, že řadu formátů vyvinul konkrétní, často komerční subjekt, který není povinen publikovat specifikaci a může zacházet zcela volně i s terminologií, je velmi obtížné vymezit i přesné užití označení jednotlivých formátů. Například akviziční formát P2 je svázán s konkrétním nosičem (specifická paměťová karta), data z něj však lze překopírovat na jiný nosič v podobě

souboru, u nějž ovšem není volně přístupná specifikace a není ani definováno jednoznačné označení (např. soubor typu P2).

Za proprietární lze označit i formáty konkrétních aplikací nebo systému (např. systém pro barevné korekce), které mohou a nemusí být použitelné jen ve spojitosti s konkrétním hardwarem. Definice těchto formátů často vychází u konkrétního účelu či architektury systému, který je používá, například v případě systému pro editaci videa může specifický formát nést řadu informací o rozpracovaném projektu. Specifikaci těchto formátů poskytují jejich autoři jen v případě spolupráci při vývoji samotné aplikace nebo při potřebě vytvářet návaznosti. Řada těchto formátů má formu kontejneru a obsahuje značné množství metadat. V případě rozšíření proprietárního formátu může dojít k jeho standardizaci, jak se stalo například u formátu GXF.

Pro zjednodušení a i s výše uvedenými výhradami se budu formáty zabývat v následující struktuře:

- souborové formáty – které lze chápat ve výše uvedeném smyslu jako soubor dat, s definovaným typem kódování nebo kontejnerové, které v sobě mohou nést různé typy dat a audiovizuální data s různým typem komprese, např. VC1, DivX, QuickTime, WindowsMedia nebo MXF
- akviziční formáty – formáty svázané s konkrétním typem nosiče a technologií, např. P2, XDCAM, Editcam,
- transportní a distribuční formáty – formáty používané pro přenos dat, např. RealVideo, MPEG Transport Stream

### **2.6.1 Souborové formáty**

V následující části se budu zabývat datovou strukturou zjednodušeně nazývanou jako soubor (*file*), kterou lze v rámci konkrétního souborového nebo operačního systému identifikovat jako samostatnou entitu. Pro dekodování této entity je tedy kromě její specifikace (datového uspořádání a reprezentace informace) potřeba znát i konvence v daném prostředí, aby bylo možně tuto entitu jednoznačně identifikovat (např. definovat začátek a konec). Pokud se budu dále zmiňovat o

formátech pro distribuci (přenos), potom pro zjednodušení pomínu nástroje pro jejich datové uspořádání určené pro dynamické (síťové) prostředí (např. členění na pakety, synchronizační data).

Podle obsahu je možné souborové formáty rozdělit na:

- jednoduché, které svým označením a specifikací určují typ obsažených dat, obvykle také předepisují použité kódování nebo kompresi
- datové kontejnery, které mohou nést různé typy obsahů, zpravidla definují strukturu a uspořádání dílčích souborů v kontejneru, nikoliv však jejich přesný typ (kódování, kompresi)

Specifickou identifikační roli, zejména pro počítačové operační systémy, hraje obvykle třípísmenné označení (ale možné jsou i dvou a čtyř písmenné verze) typu souboru známé jako přípona (*file extension*). Na Internetu jsou aktuálně dostupné obecné databáze přípon spolu s identifikací typu souboru (např. <http://filext.com/>, <http://www.file-extensions.org> nebo <http://www.fileinfo.com>). O typech souborů se lze rovněž dozvědět v databázích video dekodérů, jako je např. <http://www.moviecodec.com>. Je ovšem otázka, nakolik tyto zdroje poskytují věrohodné informace a zejména nakolik jsou tyto informace úplné. Přípona rovněž nemusí odpovídat typu souboru, poskytuje jen rámcové informace o použitém kodéru (v řadě případů, např. u kontejnerových formátů nelze z přípony zjistit typ kódování vůbec). Jedná se tedy o velmi hrubé rozlišení, která má význam zejména při počítačovém zpracování a základní orientaci mezi soubory. Díky textové povaze (informaci kódované jako text, většinou ASCII) a snadné dostupnosti (součást názvu souboru) ji lze používat například pro jednoduché třídění souborů.

Více informací se nachází zpravidla v hlavičce (hlavičkách) souboru (*header*), což jsou data zakódovaná jako součást datové struktury v rámci daného celku (souboru, kontejneru) která poskytuje informace potřebné pro zpracování nebo dekodování. Uspořádání a data umístěná v hlavičce závisí na typu souboru a souvisí i s jeho účelem (například pro distribuci po síti data o paketech – jako je PACK Header u MPEG-2 TS), operační systémy využívají tyto informace například k volání či nastavování parametrů přehrávače.

Hlavička může mít například následující strukturu parametrů (kontejnerový formát AVI):

```
typedef struct {  
    DWORD dwMicroSecPerFrame;  
    DWORD dwMaxBytesPerSec;  
    DWORD dwReserved1;  
    DWORD dwFlags;  
    DWORD dwTotalFrames;  
    DWORD dwInitialFrames;  
    DWORD dwStreams;  
    DWORD dwSuggestedBufferSize;  
    DWORD dwWidth;  
    DWORD dwHeight;  
    DWORD dwReserved[4];  
} MainAVIHeader;
```

*(zdroj – specifikace OpenDML AVI File Format Extensions, publikované OpenDML AVI M-JPEG File Format Subcommittee, February 28, 1996)*

U standardizovaných kompresních algoritmů bývá zvykem v příslušné hlavičce uvádět parametry komprese včetně základních informací o povaze obrazových dat. Pokud je kódér do hlavičky správně umístí, lze hlavičky zjistit formát videa (např. PAL), bitovou hloubku, poměru stran, vzorkovací schéma (např. 4:2:2) nebo snímkovou frekvenci včetně informace o režimu prokládání. Z parametrů komprese potom v hlavičce může být uložen například informace o typu a délce GOP, datovém toku (maximálním, minimálním) nebo parametry kvantizace (minimální a maximální koeficienty). Tyto informace jsou v souboru kódovány zpravidla v textové podobě (ASCII).

Hlavička je v rámci datové struktury uvedena konkrétní datovou sekvencí (např. u souboru WMV, Windows Media Video je to hexadecimální sekvence 30 26 B2 75 8E 66 CF), čili je možné tyto informace poměrně jednoduše ze souboru extrahovat. SW nástroje na kontrolu kvality (viz kapitola 3.2) jsou schopné informace o obsahu uložené v hlavičce přečíst a podle nastavených parametrů provést konkrétní akci, případně je v některých případech porovnat se skutečným kódováním dat.

Dalšími typy doprovodných dat, která mohou být součástí souborů, se zabývám v kapitole 4 (Metadata).

#### **2.6.1.1 Jednoduché souborové formáty**

Jelikož pro ukládání obecného audiovizuálního materiálu do souboru neexistuje univerzální standard, který by specifikoval přesný typ souboru, záleží na konkrétní implementaci a kodéru. U jednoduchého formátu by mělo platit, že pokud je známý typ komprese a hlavička souboru, není problém obsah zrekonstruovat. Řada formátů ale zanikla s konkrétní aplikací nebo hardwarem a je velmi obtížné specifikaci získat. Tento problém může nastat i u velmi rozšířených formátů, jako je například DivX, protože popis formátu vlastní výrobce a s jeho zánikem nemusí nikdo převzít správu nad dokumentací. Jednoduché formáty rovněž využívají například výrobci nástrojů na určitý typ zpracování obrazu jako svůj interní formát pro ukládání dat, příkladem mohou být stříhové aplikace. Struktura těchto souborů však může být velmi složitá a specifikace je zpravidla nedostupná, proto má s těmito formáty smysl pracovat jen v rámci uzavřeného produkčního prostředí a riziko ztráty schopnosti rekonstrukce spojené s nedostupností nástroje na jejich dekódování je vysoké. Díky potřebě univerzality má dnes řada formátů, které svým charakterem patří mezi jednoduché formáty fyzicky podobu datového kontejneru, ovšem s konkrétně definovaným typem kódování audiovizuálního materiálu, příkladem je třeba kontejner MP4.

#### **2.6.1.2 Kontejnerové formáty**

Historie kontejnerových formátů je poměrně dlouhá také díky osobním počítačům, kde oba vedoucí výrobci operačních systémů, Microsoft a Apple, potřebovali vyřešit přehrávání multimediálních souborů a pokud možno nezatěžovat uživatele technickými detaily. V roce 1991 (QuickTime) resp. 1992 (AVI, *Audio Video Interleave*) tak byly uvedeny dva nyní pravděpodobně nejrozšířenější formáty. Jejich specifikace se samozřejmě vyvíjela, ale v principu tyto formáty představují pro řadu uživatelů v podstatě synonymum pro soubory obsahující video. Oba formáty



nejsou standardizované a jejich vývoj a poskytování specifikace je plně v pod kontrolou výše uvedených komerčních subjektů. V oblasti profesionální obrazové produkce je proto rozšíření obou, zejména kontejneru AVI mnohem menší, v současnosti převažuje standardizovaný formát MXF. Mezi standardizované kontejnery dále patří kontejnery specifikované v rámci kompresních standardů, jako je výše uvedený MP4 nebo MPEG-2 TS (*Transport Stream*). V následujícím přehledu vybírám příklady kontejnerových formátů, které představují specifického zástupce určité skupiny a/nebo jsou velmi rozšířené.

### **Kontejner AVI**

Formát AVI byl vytvořen jako derivát generického metadatového formátu RIFF (*Resource Interchange File Format*) uvedeného společnostmi IBM a Microsoft. V kontejneru AVI jsou data strukturována do bloků (*chunks*) identifikovaných pomocí návěští (*Tags*), například návěští „Movi“ identifikuje blok obsahující audiovizuální data. Kontejner AVI může obsahovat audiovizuální obsah kódovaný v podstatě libovolnou kompresí nebo i bez komprese. Popisná metadata lze ukládat v bloku „INFO“, do kontejneru lze vložit i metadata ve formátu XMP (*Extensible Metadata Platform*).

Historický původ tohoto kontejneru s sebou nese některá omezení, která se snaží novější modifikace obejít. Například není standardně upraven způsob vkládání časového kódu (*Timecode*, *TC*), přenášení informace o poměru stran obrazu nebo používání materiálů s proměnlivou snímkovou frekvencí.

### **Kontejner QuickTime**

Název QuickTime se používá pro komplexní označení souboru multimediálních technologií (*multimedia framework*) společnosti Apple pro práci s formáty jako jsou statické obrázky, video, zvuk nebo interaktivní obsah. Zahrnuje tedy označení jak formátu, tak i aplikací pro jeho reprodukci (*QuickTime Player*). Samotný QuickTime File Format (QTFF) je kontejner objektového typu, a podobně

jako kontejner AVI může obsahovat audiovizuální obsah kódovaný různými typy kompresí nebo i bez komprese. Kromě standardizovaných kompresních formátů, jako je například MPEG-2 nebo H.264, akvizičních kompresních formátů (DV) a proprietárních formátů (Cinepak, Sorenson Video) mohou být součástí kontejneru i kompresní formáty vyvíjené společností Apple, příkladem je Apple video nebo Apple Pro-Res. Pro administrativní a technická metadata, která jsou nezbytná k rekonstrukci samotné esence (údaje o způsobu uložení, kompresi, uspořádání stop a pod), používá formát QuickTime hierarchickou kontejnerovou strukturu s bloky nazývanými atomy (*Atoms*). Popisná metadata jsou potom uloženy v rámci příslušného atomu (*Metadata Atom*). Specifikace formátu QuickTime je aktuálně volně dostupná na stránkách společnosti Apple, jeho použití (implementace) podléhá příslušné licenci udílené společností Apple.

### **Kontejner MP4**

Jak již bylo uvedeno v kapitole 2.5.5 věnované standardu MPEG, standard MPEG-4 poskytuje velmi širokou dokumentaci s řadou volitelných parametrů a postupů. Součástí standardu MPEG-4 je i specifikace datového kontejneru (ISO/IEC 14496-14:2003 známá i jako MPEG-4 Part 14), který vychází ze základního souborového formátu MPEG-4 definovaného ve standardu ISO/IEC 14496-12:2004 (MPEG-4 Part 12). Kontejner MP4 dle specifikace nemusí obsahovat jen video komprimované podle standardu MPEG-4, možné jsou i komprese MPEG-2 nebo MPEG-1. Nejčastěji se používá komprese podle standardu MPEG-4 Part 10 (známý také jako H.264/MPEG-4 AVC). Kontejner může obsahovat i samostatné audio soubory (např. ve formátech Advanced Audio Coding - AAC - MPEG-4 Part 3 Subpart 4, MPEG-1 Audio Layer III - MP3 nebo Apple Lossless), zvukové MPEG-4 Part 3 objekty jako Audio Lossless Coding (ALS), Scalable Lossless Coding (SLS), MPEG-1 Audio Layer II (MP2), MPEG-1 Audio Layer I (MP1), CELP, HVXC (řeč), Text To Speech Interface (TTSI), SAOL (MIDI), titulky nebo metadata. Podobně jako u kontejneru AVI lze vložit i metadata ve formátu XMP (*Extensible Metadata Platform*). Kontejner MP4 rovněž umožňuje streamování po Internetu.

## **Kontejner Flash Video**

Jedná se o formát vyvinutý společností Macromedia původně pro obecný multimediální obsah v interaktivních aplikacích na Internetu. Dosud je vnímán zejména v souvislosti s interaktivním obsahem jako například součást webových prezentací. Nyní je vlastněn společností Adobe, hlavní posun směrem k videu nastal se vznikem portálu YouTube. Kontejner může obsahovat video a audio esenci, data, metadata (nově ve formátu XMP), a datová struktura dovoluje i datové přenosy. Aktuální třípísmenné označení kontejneru je SFW. Podporované jsou různé video kodéry včetně kódování v kompresním standardu H.264. Volně dostupná specifikace (např. na WWW stránkách Adobe) má aktuální verzi 10.

## **Kontejner Matroška**

Jako příklad zcela otevřeného kontejnerového formátu zde uvádím formát specifikovaný a vyvíjený jako otevřený standard distribuovaný pod licencí GNU. Díky otevřené licenci je specifikace tohoto formátu volně k dispozici na Internetu na stránkách projektu. Formát je založen na EBML (*Extensible Binary Meta Language*), což je binární derivát formátu XML. Kontejner Matroška opět dovoluje přenášet audiovizuální data libovolném formátu spolu se samostatnými zvukovými a titulkovými stopami, časovým kódem, metadaty včetně návěští, nebo členěním dat na kapitoly. Kontejner umožňuje (navazované) přehrávání i při poškození dat (například ztrátě části dat při přenosu) a lze jej použít pro streamování po Internetu nebo uzavřených datových sítích.

Header (hlavička)
Meta Seek Information (index obsažených částí)
Segment Information (informace o struktuře)
Track (informace o stopách)
Chapters (předefinované členění obsahu)
Clusters (audiovizuální data)
Cueing Data (časové značky pro AV data)
Attachment (další přiložená data)
Tagging (návěští)

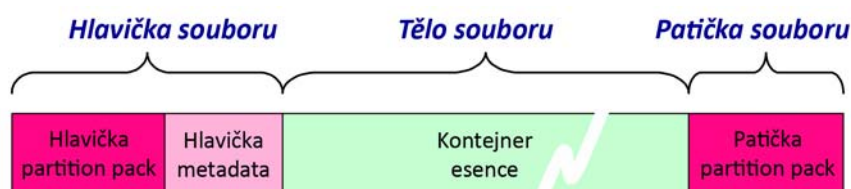
*Struktura kontejneru Matroška*

### **Kontejner GXF - General eXchange Format**

Formát GXF byl prvním pokusem vyvinout univerzální kontejner s audiovizuálním obsahem pro profesionální použití. Jeden z tehdy vedoucích výrobců serverů, firma Grass Valley Group (GVG), proto již kolem roku 1997 navrhla a do svých zařízení implementovala standard, který původně zahrnoval jen kompresi MJPEG. Posléze byla přidána i podpora komprese DV a MPEG. Zejména díky pozici GVG na světovém trhu se tento formát relativně rozšířil, což potvrdila i mezinárodní asociace pro pohyblivý obraz vydáním standardu SMPTE 360. GXF byl primárně určen pro výměnu dat například mezi serverem a archívem, méně se využíval jako nativní formát ukládání dat a pro některé aplikace se nehodil vůbec. Proto se například pro potřeby výměny dat mezi stříhovými aplikacemi prosazoval formát AAF (*Advanced Authoring Format*), který mnohem lépe plnil potřeby postprodukce. Vývoj tohoto formátu neustále pokračuje, nyní pod hlavičkou *The Advanced Media Workflow Association*, přesto se nikdy nestal standardem ve smyslu SMPTE nebo ISO.

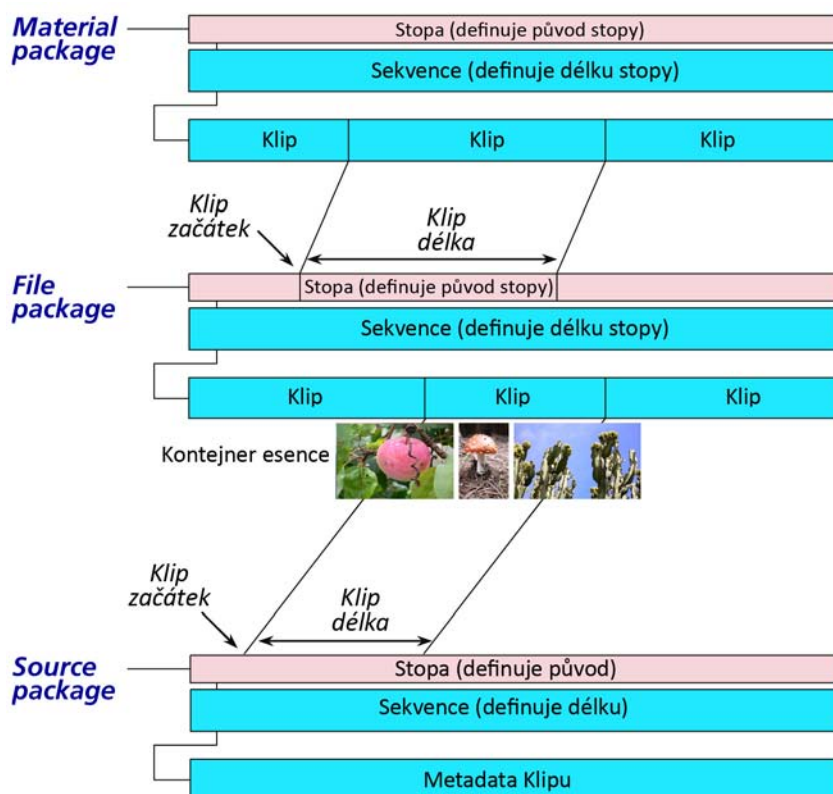
## Kontejner MXF – Material eXchange Format

Ačkoli byl GXF standardizován, zdaleka ne všichni výrobci ho podporovali a jako formát původně vyvinutý a prosazovaný jednou firmou (GVG) to neměl lehké. Proto již v roce 1999 vznikla v rámci Pro-MPEG fóra iniciativa se záměrem vytvořit nový standard, ke které se připojila řada výrobců, EBU (*European Broadcaster Union*) a asociace AAF. Specifikace nového formátu, který dostal název MXF, vznikala poměrně dlouho. Výsledek je ale velmi propracovaný, o čemž svědčí i řada norem, které se k němu vztahují (SMPTE 377M – hlavní specifikace, implementační standardy jako SMPTE 390M – OP Atom, generické kontejnery – např. SMPTE 379M, popisy deskriptivních metadata - SMPTE 380M, atd.).



### *Základní struktura kontejneru MXF (Devlin, 2002)*

Popis struktury MXF je poměrně rozsáhlý a zdaleka ne všechny specifikované části se v praxi používají. Zjednodušeně lze formát MXF přiblížit jako souborový kontejner (wrapper), který v sobě může nést primární video stopu, audio stopy, video v náhledovém rozlišení, obrázky (Thumbnails), popisné informace (metadata), časový kód a doprovodná data jako titulky nebo teletext. Jednotlivé datové struktury mohou být navázána na časový kód, například statický obrázek nebo titulek lze připojit k definovanému místu u videa. Orientační popis struktury a použití viz například Devlin, 2002.



Struktura kontejneru MXF členěná na balení (package), stopy a esenci (Devlin, 2002)

Takto široce definovaný formát má řadu zřejmých praktických výhod, proto z něj i aktuálně nejrozšířenější záznamové formáty P2 (Panasonic) a XDCAM (Sony) vycházejí a nabízejí jak metadata, tak i video v náhledovém rozlišení či statické obrázky. Pro uživatele zůstává formát MXF často skrytý, jelikož pokud například server pracuje interně ve formátu MXF, uživatel má v příslušné aplikaci k dispozici již rozbalenou informaci v podobě příslušných video a audio stop nebo například titulků.

## 2.6.2 Akviziční formáty

Samotný pojem akvizice je spojen se získáváním materiálu a může odkazovat i na koncept vstupu do archivního systému ve smyslu SIP (*Submission Information Package*) podle referenčního modelu OAIS. Moderní datové akviziční formáty tuto roli mohou plnit díky možnosti vkládat řadu doprovodných informací. Vývoj akvizičních formátů je svázán s vývojem záznamových technologií, podílí se na něm výhradně komerční subjekty a případná standardizace přichází až po rozšíření

formátu. Na rozšíření jednotlivých formátů má hlavní podíl obchodní strategie a úspěšnost výrobců, a proto technicky nejvyspělejší formát může být vytlačen méně vyspělým, ale obchodně výhodnějším formátem. U některých formátů se výrobci při vývoji spojují do konsorcií, v současnosti mají ve vývoji formátů dominantní postavení společnosti Sony a Panasonic.

Standardizační komise SMPTE postupně uvádí jednotlivé formáty pod kódovým označením D a číslovka, např. D1, aktuálně jsou popsány formáty D1 až D15. Každý formát je uváděn jako samostatná norma, např. D12 SMPTE-371M, která popisuje formát složkového záznamu na pásku o šířce 6.35 mm s datovým tokem 100 Mb/s v obrazových formátech 1080/60i, 1080/50i a 720/60p. U některých akvizičních formátů jsou zároveň vydány normy popisující typ komprese, rozhraní nebo přenos dat, např. SMPTE-367M popisuje kompresi D11, SMPTE-368M pokrývá D11 formát záznamu na pásku 12.85 mm a SMPTE-369M určuje Data Stream mapování dat AES3 pro rozhraní SDTI. Z hlediska nosiče, resp. paměťového média je možné akviziční formáty dělit na:

- páskové – záznam se ukládá na magnetickou pásku, např. DVCPRO
- diskové – jako médium slouží výměnný pevný disk, např. Editcam
- magnetooptické – záznam na magnetooptické médium, např. XDCAM
- paměťové – záznam na paměťové karty, např. P2

Díky počítačovému zpracování audiovizuálního obsahu dnes platí, že pro všechny typy profesionálně používaných digitálních akvizičních formátů lze datovou složku přenést na obecný typ záznamového média (např. pevný disk) bez potřeby transkódování po datovém rozhraní, i když souborové formáty se mohou mírně lišit od formátů na originálním nosiči (např. hlavičky souborů, kontrolní bity). Pro rekonstrukci těchto formátů tedy není třeba konkrétní záznamové zařízení, pouze příslušná aplikace. Výrobci však plnou specifikaci akvizičních formátů neuvolňují a ani norma nepopisuje všechny parametry. Proto je k reprodukci nebo editaci datového souboru odpovídajícího danému akvizičnímu formátu třeba aplikace od výrobce software s přístupem k plné specifikaci formátu.

### 2.6.3 Transportní a distribuční formáty

Jak jsem již několikrát v této práci zmínil, konkrétní uspořádání dat v souboru je také podřízeno způsobu, jakým se data zpracovávají nebo specifickému účelu, například distribuci. Kromě kompresních schémat jsou tak například v rámci kompresního standardu MPEG definovány datové kontejnery známé jako Program Stream (MPEG PS) a Transport Stream (MPEG TS). Kontejner Program Stream byl definován již ve standardu MPEG-1 a využívá se pro ukládání a distribuci dat prostřednictvím nosičů, kde nedochází k velkým ztrátám, například DVD disků. Oproti tomu Transport Stream lze použít i pro méně spolehlivé distribuční cesty, například pro pozemní digitální televizní vysílání (DVB-T). Transport Stream byl specifikován až jako součást standardu MPEG-2, podporuje členění na pakety a může přenášet několik různých kanálů obsahu (obraz, zvuk) současně, čemuž je i přizpůsoben koncept programů s řadou doprovodných informací (tabulky seznamu programů - *Program Association Table*, PAT, informací o programech - *Program Map Table*, PMT, informace o podmíněném přístupu k obsahu - *Conditional Access Table*, CAT a identifikace sítě - *Network Information Table*, NIT). Transport stream může rovněž nést informaci o časovém kódu a díky jeho dobrým vlastnostem našel uplatnění i jako základ některých akvizičních formátů (AVCHD) nebo pro komerční distribuci videa na nosičích Blu-ray (BDMV - *Blu-ray Disc Movie*).

Dalším specifickým případem jsou formáty určené pro distribuci po dedikovaných nebo otevřených počítačových sítích (Internetu) metodou streamování. Již u některých datových kontejnerů jsem uváděl, že streamování podporují, existují také proprietární formáty vyvinuté speciálně pro tuto aplikaci, například Real Video. Mezi specifické vlastnosti těchto formátů patří například možnost přenášet více verzí jednoho a téhož obsahu v rámci jednoho streamu (proudu dat), což dovoluje současně distribuovat obsah v různých kvalitách (rozlišení, kompresi) a tím uživatelům nabídnout datový tok podle rychlosti jejich připojení. Vyznačují se také velkou odolností vůči výpadku a dovolují přehrávačům navazovat v reprodukci obsahu i při velké ztrátě dat. Vzhledem k jejich uspořádání a relativně nízké kvalitě spojené s užitím vysoké komprese (např. dlouhé GOP) se zpravidla distribuční formáty nepoužívají k archivaci, výjimku tvoří archívy okamžitě (on-line) dostupné pro streamování po síti a archívy náhledů pro prohledávání (podrobněji následující



kapitola a kapitola 6, věnovaná architektuře archívu). U těchto typů archívů se však nepředpokládá dlouhodobé uložení dat, jelikož obvykle tvoří doplněk ke kopiím obsahu ve vyšším rozlišení nebo kvalitě. Termín archív (například Archív internetového vysílání České televize) je v tomto případě zavádějící, jedná se spíše o operativní úložiště.

## **2.7 Formáty z hlediska archivace**

V následujícím přehledu se nebudu zabývat analýzou shody jednotlivých datových struktur s konceptem referenčního modelu OAIS a jejich vhodností pro postupy popsané ve standardu ISO 14721:2003. Ačkoli některé datové struktury, například kontejnerové formáty mohou plnit roli AIP (*Archival Information Package*), hodnocení shody se výše uvedeným standardem je mnohem komplexnější pro schopnost instituce dlouhodobě uchovávat obsah je užití vhodného AIP jen jedním z mnoha předpokladů. Komplexním hodnocením archívu se zabývám v kapitole 7, v následujících kapitolách popisují dílčí parametry důležité pro ukládání audiovizuálního obsahu.

### **2.7.1 Shoda s definicí formátu**

V předchozích kapitolách jsem uvedl, že řada formátů není standardizována, nebo je průmyslový standard vlastněn jedním nebo více subjekty, případně standard definuje pouze některé parametry souboru dat. Podle referenčního modelu OAIS se každý archivovaný informační objekt skládá ze samotného obsahu (*Content Data Object*) a informací o jeho reprezentaci (*Representation Information, RepInfo*). V případě audiovizuálního obsahu je tak součástí informace o reprezentaci i odkaz na příslušný formát a jeho parametry. U průmyslových a/nebo nedostatečně specifikovaných formátů však tento odkaz nemusí stačit k správnému dekódování obsahu. U komplexních standardů, jako je MXF, se také v praxi stává, že implementace není zcela korektní a na úrovni souboru může způsobovat některým dekodérům potíže. U ne zcela složitějšího řetězce manipulací s obsahem se může vyskytnout neshoda mezi způsobem zakódování a příslušnou doprovodnou informací (například v hlavičce souboru). U tradičních archivních institucí, které nejsou navázány na výrobu a nemusí disponovat nástroji na vyhodnocování typu a způsobu

kódování obsahu, tak hrozí nebezpečí, že obsah nepůjde standardními prostředky dekódovat. Proto je podstatnou součástí archivního řetězce nejen verifikace kvality, ale i shody deklamovaného formátu se skutečností. Vyhodnocování způsobu kódování, informací v hlavičce souboru a dalších parametrů kódování je poměrně obtížná úloha, aktuálně jsou již pro tento účel komerčně dostupné softwarové nástroje jako součást QC (*Quality Control*) řešení, podrobněji viz kapitola 3, věnovaná hodnocení kvality. Ani tyto nástroje však nemusí zaručit, že konkrétní dekodér dokáže plně reprodukovat konkrétní soubor daného typu, zejména pokud vznikl na základě ne zcela korektního kódování. V tomto směru bohužel neexistuje jednoznačné doporučení, neboť subjektivní kvalita kódování nemusí souviset s dodržením standardu a jednotliví výrobci rovněž garantují bezproblémové zpracování jen v rámci řetězce sestávajícího z jejich vlastních produktů. Zde mají archívy navázané na produkci nespornou výhodu, neboť z provozních důvodů disponují nástroji na kontrolu formátů, touto otázkou se musí zabývat i při samotné výrobě a většinou disponují příslušnými specialisty.

### **2.7.2 Hledisko zachování kvality**

U starších, většinou páskových akvizičních formátů často existovaly archívy na původních nosičích, audiovizuální materiál byl ponecháván nebo ukládán přímo na akviziční formát a doprovodné informace existovaly samostatně v databázi. Audiovizuální obsah je tak dostupný po dobu, po kterou je dostupný přehrávač záznamu a po kterou není poškozený záznam. Ačkoli akviziční formáty jsou často robustní a dostupnost přehrávačů je u rozšířených formátů stále velmi dobrá, archivace na akvizičním formátu není strategicky výhodná z důvodu komplikované migrace na nový formát (viz kapitola 4.1 a potřeba migrace). Zejména u páskových formátů mohou být po určité době archivace problémy se čtením, i přenos v datové formě pak probíhá pomalu a vyžaduje přítomnost obsluhy. Archivace dnes probíhá výhradně s využitím datové formy (souboru) na zvolený typ datového nosiče a v rámci systému pro správu obsahu.

Pro archívy přímo navázané na audiovizuální výrobu většinou platí, že pro data pořízená digitálně (pomocí standardizovaného digitálního akvizičního formátu)

se zachovává kompresní formát, ve kterém je esence pořizována a zpracována. Obecnou snahou je minimalizace transkódování, které vede u ztrátových kompresních algoritmů ke zhoršení kvality a ukládání souborů s bezeztrátovou kompresí považuje stále většina institucí za příliš nákladné. U akvizičních formátů je třeba volit ze standardizovaných (SMPTE) formátů, u nichž existuje kompletní schéma pro kódování, např. podle standardu SMPTE 387M GC D-11 (XDCAM), podobně je tomu v případě akvizičního formátu IMX (SMPTE 386M GC D-10). Mapování zvukových formátů AES3 a WAV vychází ze standardu SMPTE 382M. Výjimku zde tvoří formát Digital Betacam, který nemá svůj souborový ekvivalent a většinou se převádí do formátu IMX.

U esence digitalizované z analogových nosičů leží rozhodnutí na provozovateli archívu, zde je vhodné brát ohled na povahu a důležitost obsahu. Ačkoli kvalita esence získaná z některých nosičů (např. S-VHS) nedosahuje ani úrovně komerčních formátů (DVD), vyplatí se i zde používat studiové formáty, neboť vysoká komprese s dlouhým GOP (mezisnímková komprese užívající *group of pictures*, jako je např. MPEG-2 pro DVD) přinese velké ztráty informací při budoucím transkódování. Obecně pro dosažení vysoké kvality kódování je třeba v systému používat v co největší možné míře kvalitní kodéry osvědčeného typu, důsledné dodržení definovaného postupu je nutnou podmínkou pro udržení vysoké kvality archivovaného materiálu. Jak při digitalizaci, tak při transkódování příchodního materiálu je důležité zachovat informace o původním časovém a řídicím kódu, za předpokladu, že je zdroj tímto kódem vybaven (týká se zejména souborového vstupu). Tento kód slouží pro orientaci v materiálu a mohou na něj být navázána doprovodná data (např. popisná metadata, obrázky).

V současnosti se stále více uplatňuje standard MXF (souborový kontejner definovaný SMPTE standardem 377M), který dovoluje ukládat spolu esencí i metadata a na jeho definici se podílela většina klíčových výrobců. Diskuze neustále probíhá v oblasti archivace zdigitalizovaných filmových pásů, kde neexistují standardy a požadavky na kvalitu jsou mnohem vyšší. Často bývá konkrétní formát svázaný s operačním systémem a konkrétním SW nebo HW kodérem/dekodérem, což vede k potřebě kompletní dokumentace o souboru, tedy ukládat spolu s materiálem i informaci o jeho reprezentaci (RepInfo – viz kapitola 4). V praxi se tak většinou

neděje, neboť fyzické řešení archívu pracuje s konkrétní technologií kódování a dekodování. Znalost reprezentace příslušného formátu potom zajišťuje výrobce resp. dodavatel této technologie a dlouhodobá podpora formátu se řeší pravidelnou migrací, tzn. přechodem na novější technologii. Jelikož u žádného z formátů nelze zaručit trvalou dostupnost dekodéru, je třeba ji průběžně kontrolovat s ohledem na nové platformy a operační systémy (viz. model OAIS) a zároveň uchovávat popis archivovaných formátů. Ve světě již vznikají centrální databáze formátů, které by archivaci popisů měly ulehčit, příkladem může být například PRONOM ([www.nationalarchives.gov.uk/pronom/](http://www.nationalarchives.gov.uk/pronom/)). Podrobněji k hodnocení kvality viz. kapitoly 2.5.6 Chyby a artefakty způsobené kompresí a 3. Hodnocení kvality.

### 2.7.3 Robustnost

Robustnost ve smyslu míry ohrožení obsahu při poškození nosiče samozřejmě souvisí s provedením nosiče a způsobem uložení dat. U lineárně uložených dat například na pásce (např. formát DVCAM) i výrazné poškození nosiče nemusí znamenat ztrátu veškerého obsahu. U nosičů hraje roli zejména způsob přístupu k datům, zda se používá specifický souborový systém a na nosič se ukládá informace o umístění souboru (například ve formě FAT, *File allocation table*). Poškození těchto dat může mít pro uložený obsah katastrofické následky, i když existují metody, jak (v závislosti na míře poškození) alespoň částečně data obnovit. V praxi se pod robustností u nosičů určených pro audiovizuální produkci rozumí i jejich obecná odolnost proti mechanickému poškození, které se dosahuje i speciální formou obalu (například Blu-ray disky v pouzdrech u nosiče typu XDCAM). V tomto směru platí, že archivy založené na souborech dat jsou vystaveny daleko větším rizikům ztráty obsahu, než tomu bylo u audiovizuálního materiálu uloženého na (video) páskách (Austerberry, 2010).

Bez ohledu na konkrétní nosič se i samotné formáty liší odolností vůči poškození dat. Na jedné straně u nekomprimovaných formátů může dojít k nečitelnosti celého obsahu pouze při minimálním porušení souboru, u komprimovaných dat potom minimální ztráty mohou způsobit viditelné artefakty, Robustností kompresních formátů se zabývá např. Heydegger, (Heydegger, 2008),

s využitím metod, pomocí kterých lze posuzovat míru odolnosti formátu proti poškození. Například u JPEG2000, který je poslední dobou silným kandidátem na formát pro dlouhodobou archivaci obrazových dat, jsou v tomto směru výsledky Heydeggerem provedených testů alarmující. Dle tohoto test dochází při poškození pouhého 0.01% Bytů v komprimovaném souboru JPEG2000, i pokud je tato komprese bezztrátová, k poškození minimálně 50% původních informací zakódovaných v souboru (Heydegger, 2008). Heydegger pracoval na hodnocení zejména formátů pro statické obrazy jako je již zmíněný JPEG2000, BMP nebo TIFF, a jeho metodologii nelze beze zbytku použít na formáty s mezisnímkovou kompresí. Nicméně jeho výsledky potvrzují předpoklad, že při použití komprese klesá robustnost a závisí na konkrétní struktuře souboru (Heydegger, 2009).

Bohužel jak zmiňuje i Heydegger ve svých článcích, touto problematikou se zabývá málo studií. U kontejnerových formátů má otázka robustnosti dva rozměry – robustnost samotného souboru a robustnost komprimované esence uvnitř kontejneru. Dílčí poškození určité části kontejneru tak nemusí mít žádný vliv na samotnou esenci, může se však stát, že struktura kontejneru již nepůjde správně rekonstruovat a tím dojde k závažnější ztrátě obsahu.

### 3 Hodnocení kvality

V úvodu práce jsem zmínil otázku zachování informace při přechodu mezi formáty zejména s ohledem na časté použití ztrátových kompresí. V oblasti produkce audiovizuálních dat je míra uložených informací svázána s hodnocením kvality záznamu a patří ke klíčovým parametrům při posuzování technologií napříč produkčním řetězcem. Aktuálně nejsou vyvinuty specifické postupy, jak vyhodnocovat zachování uložené audiovizuální informace jiným způsobem, než prostřednictvím měřicí a zobrazovací techniky používané při audiovizuální produkci. Postupy hodnocení kvality audiovizuálního obsahu používané v audiovizuálním průmyslu lze proto použít i pro vyhodnocování archivovaných dat s ohledem na maximální požadavek zachování informací. O hodnocení kvality se zmiňuji i v kapitole 2.5.6 Chyby a artefakty způsobené kompresí.

#### 3.1 Subjektivní hodnocení kvality

Navzdory nespornému pokroku ve vyhodnocovacích algoritmech zůstává vizuální a sluchová kontrola stále velmi používaným způsobem kontroly a hodnocení kvality a to i u čistě digitální produkce a zpracování audiovizuálního obsahu. Ačkoli tato kontrola vždy závisí na reprodukčním řetězci a na konkrétním subjektu, který test provádí, některé chyby (například způsobené kompresními algoritmy) dosud nelze jiným způsobem odhalit. Vzhledem ke známým projevům těchto chyb lze navíc testující subjekt vhodně proškolit a podrobit tréninku, což při vhodně nastavených testovacích podmínkách vede k vysokému procentu nalezených nedostatků.

Mezinárodní standardizační autority publikovaly řadu doporučení, jakým způsobem testy koncipovat a provádět (například ITU-R BT.500-11), existuje řada metod a konkrétních testů s ohledem na typ hledaných chyb. Dokument ITU-R BT.500-11 například poskytuje doporučení pro vzdálenost od reprodukčního zařízení, osvětlení místnosti, trvání testu, výběr subjektů a jejich hodnocení (aby se vyloučily nekoherentní výsledky) a způsob vyhodnocení z řady pozorování. Pro hodnocení se používají standardizované protokoly, mezi nejznámější patří SAMVIQ (*Subjective Assessment Methodology for Video Quality*) a ACR (*Absolute Category Rating*).

	Metodologie					
Parametr	DSIS	DSCQS	SS	SSCQE	SDSCE	SAMVIQ
Explicitní reference	ano	ne(1)	ne	ne	ano	ano (bez komprese)
Skrytá reference	ne	ano(1)	ne	ne	ne	ano
Škála	5ti stupňová	Špatné-výborné (kontinuální škála kvality)	5ti stupňová	Špatné-výborné (kontinuální škála kvality)	Špatné-výborné (kontinuální škála kvality)	Špatné-výborné (kontinuální škála kvality)
Délka sekvence	10 s	10 s	10 s	≥5 min	10 s	10 s
Formáty obrazu	všechny	všechny	všechny	všechny	všechny	všechny
2 současné podněty	Ne	Ne	Ne	Ne	Ano	Ne
Počet prezentací testovaného materiálu	varianta I: jedna varianta II: dvě po sobě	Dvě po sobě (dvojitý stimul)	jedna	jedna	jedna	Tolik, kolik si hodnotitel přeje
Počet videí během testu	2	2	1	1	2	max 10(2)
Hodnocení	Jen testovací sekvence	Jen testovací sekvence a reference	Jen testovací sekvence	Jen testovací sekvence	Rozdíl mezi testovací sekvencí a referencí (simultánně promítané)	testovací sekvence a reference
Možnost změnit hodnocení před zpracováním	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ano
Průběžné hodnocení kvality	Ne	Ne	Ne	Ano (průběžná změna hodnocené úrovně)	Ano (průběžná změna hodnocené úrovně)	Ne
Minimum akceptovaných hlasů	15	15	15	15	15	15
Kritéria odmítnutí		Ano, ne pevná				ano
Počet diváků na obrazovku	1 a více	1 a více	1 a více	1 a více	1 a více	1
Typy zobrazovačů	všechny (zejména TV)	všechny (zejména TV, DLP)	všechny (zejména TV)	všechny (zejména TV)	všechny (zejména TV)	všechny (zejména PC, PDA)
Výsledné hodnocení kvality	Relativní, v závislosti na kvalitě reference	Relativní, v závislosti na kvalitě reference	Relativní	Relativní	Relativní, v závislosti na kvalitě reference	Absolutní hodnocení kvality videa
Standard	ITU-R BT.500-11	ITU-R BT.500-11	ITU-R BT.500-11	ITU-R BT.500-11	ITU-R BT.500-11	ITU-R SG6 WP 6Q (ITU-R BT.700)
(1) nepovinné (může být jakákoli testovací sekvence), (2) různé bitové rychlosti v jednom testu pro odstranění vlivu kontextu						

*Tabulka metodologií subjektivního hodnocení kvality (převzato z Institut für Rundfunktechnik, <http://www.irt.de/>)*

Přibližnou představu o používaných metodologiích poskytuje výše uvedená tabulka. Největší nevýhodou tohoto typu hodnocení jsou značné náklady jak na techniku, která musí splňovat nejvyšší nároky na transparentní reprodukce, tak i na obsluhu, kdy kontrola nejvýše v reálném čase (pokud test odhalí chyby a je třeba opakované reprodukce a vytváření reportů, pak pomaleji) a od subjektu vyžaduje vysoké soustředění. Dalším problémem je také poměrně složité zpracování obrazu při použití moderních kompresních algoritmů, kdy obraz po transkódování může působit například díky nižší míře šumu a uměle zvýšenému rozlišení subjektivně lépe než originál, některé informace se však mohou během zpracování ztratit.

### **3.2 *Objektivní kontrola kvality***

Vzhledem k velké náročnosti subjektivní kontroly kvality sahá snaha o být i jen částečnou automatizaci tohoto procesu do dob, kdy přenášení obsahu probíhalo převážně na signálové úrovni. Většina postupů se však zaměřuje na vyhodnocování měřitelných parametrů spojených s kódováním fyzikálních veličin, čili má k objektivnímu hodnocení kvality samotného obrazu jen nepřímou vazbu. Pokud není jednoznačně definována závislost mezi konkrétním parametrem a kvalitou obrazu, neodhalí kontrola těchto parametrů všechny vnímatelné chyby.

Prvním krokem k vyhodnocování kvality bylo využití specializované měřicí techniky, která vizualizovala klíčové parametry signálu. Představitelem tohoto typu zařízení je osciloskop, nebo přesněji vektorskop v případě obrazu, u zvuku potom zejména indikátor úrovně. U těchto zařízení je obvykle možné zvýraznit nebo nějakým způsobem upozorňovat například na překročení povolených parametrů vyhodnocení však stále probíhá subjektivně a vyžaduje školenou obsluhu. U tohoto typu vyhodnocování kvality je důležitá znalost způsobu kódování obrazu v rámci příslušného standardu, aby bylo možné posoudit dopad změny měřených parametrů na vnímanou kvalitu obrazu. Platí, že změna některých parametrů se nemusí projevit vnímatelným způsobem, ale může způsobit problémy při dalším zpracování. I s příchodem digitálního přenosu dat se stále používá přenos přes rozhraní SDI (*Serial Digital Interface*), které se z hlediska uživatele chová jako klasický signálový (synchronní) přenos. Řada systémů pro kontrolu kvality pracuje s tímto rozhraním a



sestává například z karty a příslušného SW, na kartě bývají i obvody na analýzu určitých parametrů „signálu“. U některých starších akvizičních digitálních formátů (např. Digital Betacam) není možné kopírovat obsah jinak než signálově (např. přes rozhraní SDI) a tudíž je tato forma kontroly jediná možná.

Novější formáty potom dovolují souborový přenos, kde lze využít kontrolu pomocí SW analýzy souborů. Tato analýza může vyhodnocovat různé aspekty digitálního obsahu. Vzhledem k tomu, že v hlavičce souboru nebo v doprovodných metadatech (hlavičce souboru, viz kapitola 2.6.1) nemusí být k dispozici všechny důležité parametry kódování obrazových a zvukových dat, nebo tyto údaje neodpovídají skutečnosti, prvním krokem analýzy bývá například vyhodnocení/ověření použitého kodeku, kódování barev, bitové hloubky, rozlišení, snímkové frekvence, poměru stran (např. 4:3, 16:9) nebo přítomnosti a pořadí pulsů. Dále se testují, podobně jako u signálů, technické parametry obrazu (úroveň jasu a barev, povolený Gamut) a chyby komprese (blokové artefakty, chyby v GOP).

Další automatické testy souvisí s vyhledáváním chyb v datech spojených s přenosem či ukládáním souboru, jedná se tedy o metody nesouvisející s konkrétním typem přenášených dat. Příkladem může být například hledání chyb EDH (*Error Detection and Handling*), což je jednoduchá metoda založená na cyklických redundantních kódech CRC (*Cyclic Redundancy Check*). V praxi se například na straně vysílače sečtou bity v jednom snímku a toto číslo se přidá k následujícímu snímku. Příjímač pak tento údaj vyhodnotí, a když součet nesouhlasí, došlo při přenosu k chybě. Zabezpečení proti chybám zápisu a přenosu většinou probíhá na systémové úrovni a proto tuto oblast zmiňují jen na okraj.

V poslední době probíhá výzkum a vývoj algoritmů, které by poskytovaly skutečné objektivní vyhodnocení kvality obrazu (QA, *Quality Assessment*). Algoritmy na posouzení kvality obrazu mohou být zhruba rozděleny na tři skupiny podle dostupnosti referenčního obsahu:

- **Plná reference (FR, Full-Reference)** – metody, kdy existuje referenční sekvence, oproti které porovnáváme kvalitu testované sekvence. Tyto metody lze použít například při testování vlivu komprese, pokud je k dispozici esence bez komprese nebo s nízkou kompresí, kterou nelze z důvodu velkého datového objemu archivovat
- **Žádná reference (NR, No-Reference)** – algoritmy mají přístup jen k testované sekvenci a je třeba ohodnotit kvalitu jen na základě těchto dat.
- **Redukovaná reference (RR, Reduced-Reference)** – algoritmus má k dispozici jen některé informace o referenci, na základě kterých může posuzovat kvalitu

Nejčastěji používané algoritmy jsou založené na výpočtu střední kvadratické chyby (*mean squared error*, MSE), počítané jako průměr z kvadrátu rozdílů v intenzitě bodů (pixelů) testovaného a referenčního obrazu, a logaritmický špičkový poměr signálu k šumu (*log-reciprocal peak signal-to-noise ratio*, PSNR). Základní algoritmy neberou v úvahu fyziologické vlastnosti vnímání, a proto se vývoj soustředí na pokročilejší metody, jako je výpočet různých typů indexu vizuální strukturální podobnosti (*structural similarity image index* - SSIM), například váženého rychlostního SSIM (*speed-weighted SSIM*). Tyto algoritmy vychází z předpokladu, že vizuální percepce je vysoce přizpůsobená k extrahování strukturálních informací ze scény.

Model vážené rychlosti rozšiřuje metodu na bázi určování SSIM a zohledňuje skutečnost, že přesnost vizuální percepce je výrazně snížena v případě velké rychlosti zaznamenaného. Další možné zlepšení přináší například metoda využívající mapu významnosti kvality z hlediska percepce (*perceptual quality significance map* - PQSM), generovanou na základě vyhodnocení významných lokálních percepčních stimulů na základě kontrastu barev, pohybu a dalších kognitivně významných vlastností záznamu (Li et al, 2010).

Metody objektivního vyhodnocování kvality bez reference (NR), označované někdy též jako slepé hodnocení kvality obrazu (*Blind Image Quality Assessment* - BIQA) jsou teprve v zárodku, zejména díky komplexnosti tohoto problému. Využívá se zejména vyhodnocování známých typů degradace obrazu, jako jsou blokové

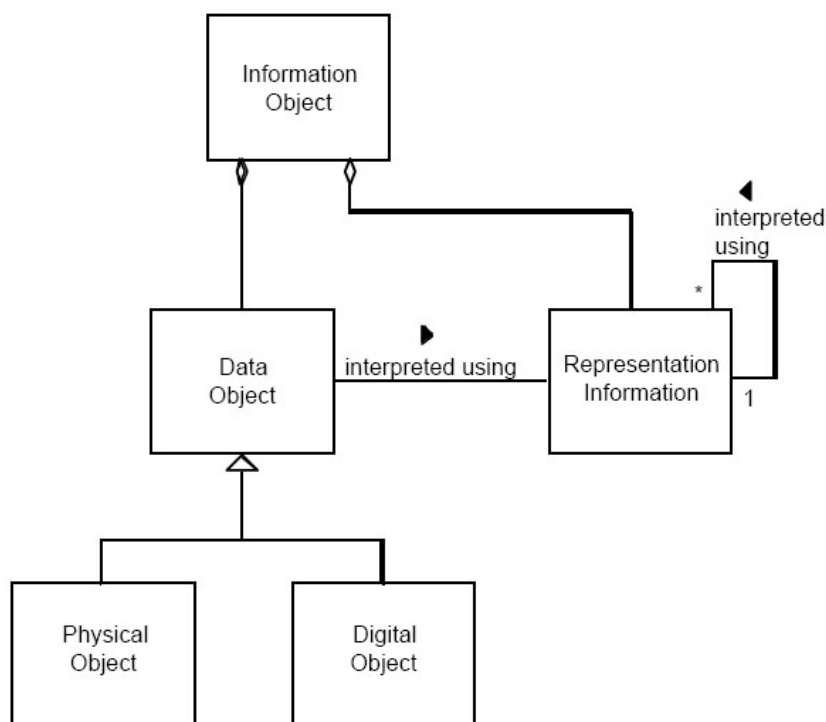
artefakty, rozostření nebo šum. Například při známém způsobu komprese existují NR algoritmy, které na tomto základě vyhodnocují kvalitu materiálu komprimovaného pomocí algoritmu JPEG 2000. Dalším krokem je budování komplexní klasifikace degradace obrazu využívající modely obrazu založené na statistikách přirozených scén (*Natural Scene Statistic*, NSS). Algoritmy založené na těchto klasifikacích a doplněné o proces učení pak pro vyhodnocení nemusí dostávat informaci o předpokládaném typu degradace obrazu u konkrétního vyhodnocovaného materiálu (Moorthy 2010).

## 4 Metadata

Již samotný termín metadata ve smyslu doprovodných dat, který se v referenčním modelu OAIS nepoužívá, má v oblasti audiovizuálního obsahu poměrně nejednoznačné použití. Zde se opět výrazně uplatňuje skutečnost, že na tvorbu standardů a terminologií mají výrazný vliv výrobci technologií, kdy dochází díky velkému rozšíření určité technologie nebo postupu k zobecnění konkrétního termínu nebo významu.

Strukturu metadat a jejich koncepční členění ovlivňuje řada faktorů. V první řadě je to samotný koncept informačního modelu, který vyplývá z pohledu na samotný účel archivace. Zjednodušeně lze odlišná východiska ilustrovat například na zájmu producenta obsahu, který archiv používá k redistribuci a recyklaci materiálů, a na cílech instituce zaměřené na dlouhodobé uchování obsahu, jako je muzeum nebo knihovna.

Snaha a standardizaci těchto konceptů potom leží zejména na straně profesních sdružení, které mají dlouhodobé uchovávání informací v základní náplni. Dva nejrozšířenější koncepční modely vychází z CIDOC-CRM (*Conceptual Reference Model* od International Committee for Documentation) a FRBR (CIDOC) *Functional Requirements for Bibliographical Records* (FRBR 1998), z hlediska systematického pohledu na dlouhodobou archivaci je potom standardizován ještě *Reference Model for an Open Archival Information System* (CCSDS 2002),



*Základní model informačního objektu podle OAIS (převzato z ISO 14721:2003)*

Z těchto modelů vycházejí jak ontologie ve smyslu „specifikace konceptualizace“ (Gruber), tak struktura informačních objektů, případně jejich taxonomie. Zmíněný OAIS model například termín metadata nepoužívá, protože nevystihuje přesně funkci žádného z jeho datových objektů. Koncept informačního modelu také koresponduje s architekturou archívu (např. Kahn/Wilensky), která nemusí mít v případě empiricky vyvíjených řešení explicitně definovaný koncept. Na jedné straně tak stojí pojetí metadat jako struktury vycházející z určitého přístupu k budování archívu, na druhé straně mohou být metadata vytvářena čistě účelově pro konkrétní potřeby určité aplikace. Vzhledem k tomu, že audiovizuální archívy budované pro potřeby producentů obsahu v masmediálním průmyslu vznikaly postupně a byly úzce navázané na výrobu, naplňují metadata zejména funkční potřebu bez jasně definovaného informačního modelu.

Jak již bylo v úvodu této práce napsáno, informace obsažené v audiovizuálním materiálu mají specifickou povahu, z hlediska vyhodnocování informací má obraz a zvuk prezentační charakter na rozdíl od informačního charakteru textu (Meyrowitz, 2006) a velkou roli zde hraje kontext. Doprovodné informace tak mohou být zásadní pro interpretaci informace obsažené v obraze nebo zvuku, například čas a způsob

pořízení záznamu, lokalita nebo jména zobrazených osob. Některé z těchto informací nelze získat sebepečlivější analýzou dat. Rozlišování mezi informacemi, které se dají získat analýzou obrazové a zvukové složky záznamu, a doprovodnými kontextovými informacemi, je klíčové pro práci audiovizuálním materiálem jako informačním zdrojem. Například převod mluveného slova ve zvukové stopě na text a následné vyhledávání lze provést v zásadě s libovolným časovým odstupem po pořízení záznamu (pokud je záznam dekodovatelný), přiřazení jmen osob k zobrazeným tvářím je možné jen za podmínky existence reference. Pro doprovodné informace, které lze získat analýzou esence budu dále používat termín **odvozená**, zbylé informace budu nazývat **primární**.

Z hlediska jejich funkce pro archivaci lze metadata členit na různé typy podle funkce, různí autoři se v této kategorizaci liší, pro účely této práce a i vzhledem k popisovaným postupům budu rozlišovat následující tři skupiny (Gartner 2008):

- **popisná**

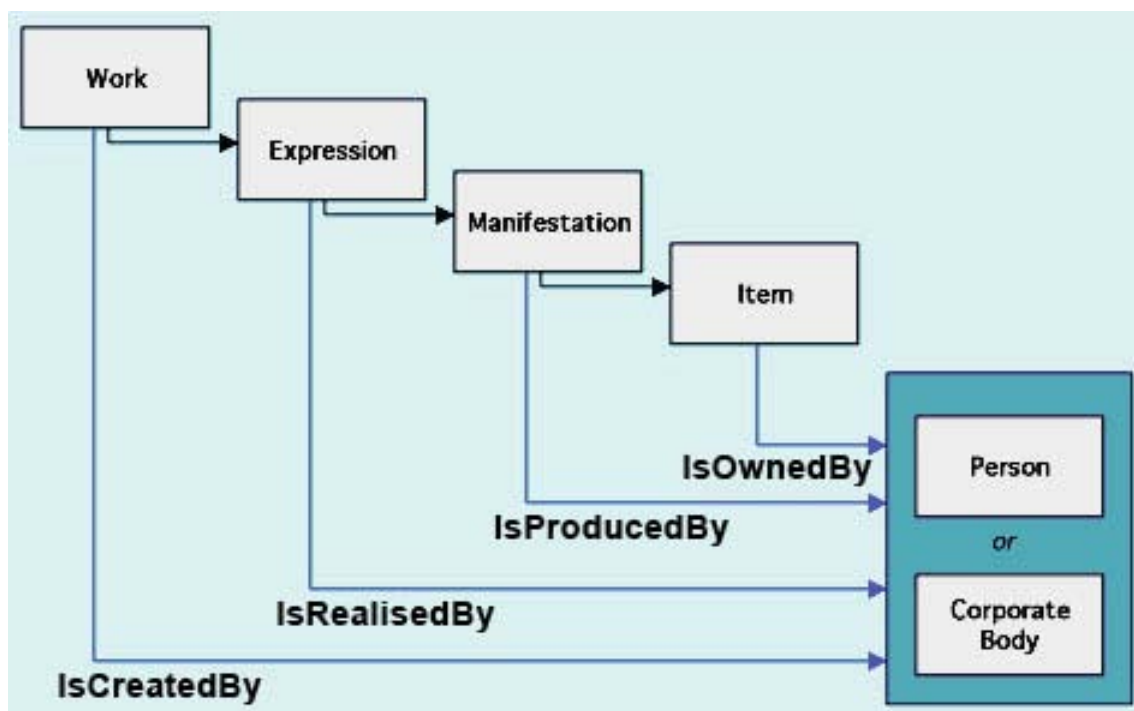
popis digitálního objektu z hlediska jeho obsahu a významu

- **administrativní**

data potřebná pro uchování a přístup k informačnímu objektu

- **strukturální**

popisující strukturu a uspořádání datového objektu



*Koncept díla a vztahu manifestace a tvůrce, který je východiskem pro deskriptivní metadata podle FRBR.*

Pravděpodobně nejstarším přístupem ke standardizaci metadat je vytváření normalizovaných slovníků nebo schémat, která definují identifikaci a obsah jednotlivých položek. Příklady těchto standardů uvedu v sekci věnované popisným metadatům.

Další normalizační iniciativy se zaměřují jednak na specifikaci komplexní struktury metadat (např. MPEG-7) a dále na způsob kódování jednotlivých položek (KLV).

#### **4.1 Metadata specifická pro informace proměnlivé v čase**

Pohyblivý obraz a zvuk má na rozdíl například od textu časový rozměr, tj. informace v nich obsažené jsou rozprostřené v čase. Určité typy metadat (primárních i sekundárních) je proto třeba navázat na konkrétní okamžik (časovou značku) v rámci příslušné obrazové nebo zvukové stopy. Tato metadata se mohou vázat jak k celému souboru (například informace, že je v obraze zachycen konkrétní osoba), tak i k časovým úsekům (kdy je tato osoba v obraze). V praxi se pro identifikaci

konkrétního času resp. časových úseků používá časový kód, který je možné v řadě typů souborů přenášet spolu s obrazem a zvukem (viz. například kapitola 2.6. a kontejnerové formáty). Tento kód se používá zejména pro orientaci při reprodukci a označování začátků, konců a případných úseků například pro výběr sekvencí nebo pro střih.

Metadata navázaná na časový kód přinášejí výrazné zkvalitnění práce s informacemi obsaženými v obrazových datech, zejména v oblasti vyhledávání, filtrování a dalšího automatického zpracování. Souborové formáty pro ukládání tohoto typu metadat jsou však poměrně komplikované a v praxi dochází zejména k problémům při zpracování takto popsaných souborů (například při střihu se časová návaznost metadat obvykle poruší). Řešením může být nezávislá databáze metadat s relativními linky k popisovanému obsahu, z hlediska dlouhodobé archivace však tento přístup nabízí mnohá úskalí (podrobněji v kapitole 6. Architektura systémů).

## **4.2 *Způsoby využití a vytváření odvozených metadat***

Z hlediska dlouhodobé archivace mají odvozená metadata jen malý význam, jelikož jejich případná ztráta nemá vliv na uchovávanou informaci. Pro přístup k esenci, prohledávání a další zpracování informací však mohou mít doprovodná data tohoto typu zásadní význam. Hlavním důvodem je, že prohledávání audiovizuálního obsahu je vzhledem k jeho povaze časově velmi nákladný proces. Řadu operací je mnohem snazší a efektivnější provádět s popisnými metadaty, která na příslušný audiovizuální obsah odkazují. U některých komplexních kontejnerových formátů, jako je výše zmíněný MXF, lze metadata navazovat přímo na časový údaj určující pozici v audiovizuální esenci, jak bylo zmíněno v předchozí kapitole.

### **4.2.1 *Analýza zvuku***

Analýza zvuku může probíhat ve dvou rovinách, jednak jako převod mluveného slova do textu, nebo jako vyhledávání určitého zvuku nebo souboru zvuků podle vzoru (například zatroubení auta). Algoritmy pro převod na text se již v praxi



používají zejména pro anglosaské jazyky a již uspokojivě fungují i pro český jazyk. Jelikož je analýza stále citlivá na konkrétního mluvčího, používá se například pro vytváření textového přepisu mluvené zvukové stopy postup s opakováním v reálném čase, kdy mluvčí, jehož přednes vykazuje nízkou chybovost (pro konkrétní systém, platí zejména pro systémy schopné se učit a zdokonalovat rozpoznávací proces), opakuje v reálném čase mluvené slovo ze zvukové stopy.

#### 4.2.2 Analýza obrazu

Stejně jako analýza zvuku, je i analýza obrazu již součástí existujících komerčních řešení. Používá se zejména vyhledávání shody s určitým vzorem (*pattern recognition*). Typická aplikace je vyhledávání tváří podle fotografické předlohy. Přesnost samozřejmě závisí na kvalitě obrazu, přesto moderní algoritmy vykazují uspokojivé výsledky. U archívů se ale tento typ analýzy používá méně zejména proto, že esence v rozsáhlých archivech není pro prohlížení dostupná v plné kvalitě, ale pouze jako náhled nebo jen v podobě referenčních metadat. Vzhledem k tomu, že stále více digitálních úložišť je dostupných po síti, vznikají komerčně dostupná řešení (např. Blinx) určená k vyhledávání a indexování obecného audiovizuálního materiálu. Analýza obsahu zde není zaměřená na vytváření metadat navázaných na časový kód, ale na obecnou identifikaci typu obsahu v souboru a jeho přiřazení k určité kategorii nebo klíčovému slovu.

Specifickým případem jsou tzv. vizuální deskriptory (*Visual Descriptors*), jak je definuje například standard MPEG-7. Jedná se o specifické atributy popisující strukturu, barevnost, pohyb a dokonce i standardizovanou charakteristiku tváří obrazu. Tyto atributy získané analýzou obrazu lze pak uložit i ve formátu XML s vazbou na popisovaný materiál. Jelikož příslušné deskriptory mohou být na rozdíl od archivované esenci přístupné uživateli okamžitě, dají se efektivněji použít pro vyhledávání. Tento typ analýzy lze použít i pro generování klíčových snímků. Otázkou zůstává exportní formát pro takto získané atributy, jelikož například v případě standardu MPEG-7 nebo kompletního P/Meta souboru je mapování do MXF přímým způsobem neproveditelné. Lze využít ovšem kódování XML (MPEG-7) resp. HTML (P/META) pro připojení určitých atributů. Přes unikátní identifikátory lze ovšem

zajistit pevnou vazbu na dodatečná metadata umístěná v databázích, tato problematika je popsána podrobněji v kapitole 6.

### **4.3 Komplexní metadatové formáty**

S ohledem na potřebu dlouhodobě archivovat metadata a přenášet komplexní metadatové struktury mezi archívy vznikly iniciativy vedoucí k vytvoření komplexních standardů zahrnující všechny typy metadat (strukturální, administrativní, popisné). Jelikož není možné v každé ze zmíněných kategorií standardizovat struktury a členění pro všechny aplikace, zaměřují se komplexní standardy na obecnou strukturu metadatového souboru a zejména na způsob kódování. V jistém smyslu definují strukturu pro ukládání různých typů metadat i kontejnerové formáty, jako je již popsáný kontejner MXF, ovšem s tím rozdílem, že komplexní metadatové standardy nezahrnují samotný archivovaný obsah. Řada iniciativ směřujících k vytvoření standardu využívá pro souborovou strukturu jazyk XML, například dále popsáný formát METS, formát IMS-CP (*IMS Content Packaging XML Binding*), používaný zejména v oblasti vzdělávání, a standard XFDU (*XML Formatted Data Units*), vyvíjený organizací Consultative Committee for Space Data Systems (CCSDS). Poslední zmíněný standard má za cíl se strukturou co nejvíce přiblížit OAIS referenčnímu modelu (Bekaert et al, 2005). Na XML jsou založené i metadatové standardy vyvinuté pro audiovizuální oblast MPEG-7 a MPEG-21.

#### **4.3.1 Jazyk XML**

Jazyk XML sice nepatří mezi standardy spojené jen s metadaty, jeho použití pro různé typy popisů struktury nebo soubory metadat je však natolik široké, že si zaslouhuje samostatnou zmínku. Vývoj XML začal v roce 1996 a stal se doporučením W3C od ledna 1998, XML (*Extensible Markup Language*), je odvozený od SGML (*Standard Generalized Markup Language*, ISO 8879). Jedná se v podstatě o jednoduchý textový popis struktury, který (podobně jako např. HTML) používá tzv. tagy (návěští uzavřená mezi špičatými závorkami) a atributy. XML rovněž obsahuje mechanismus jmenných prostorů (*namespaces*) a XML Schema dovoluje používat jmenné prostory při návrhu struktury dat. XML specifikace je volně k dispozici

(nelicencovaná), XML je velmi rozšířené a podporované řadou nástrojů. Ačkoli se nejedná o standard ve smyslu ISO, péče konsorcia W3C (*World Wide Web Consortium*, [www.w3.org](http://www.w3.org)) zajišťuje, že XML v podstatě naplňuje roli mezinárodního standardu.

#### 4.3.2 Standard METS

Tento standard rovněž není standardem ve smyslu zmiňovaných standardizačních systémů (ISO), na jeho vytvoření se ale podílela široká základná odborníků na archivaci z federace digitálních knihoven (Digital Library Federation) a jeho správu a rozvoj má na starosti oddělení Network Development and MARC Standards Office v Library of Congress (oficiální stránky standardu - <http://www.loc.gov/standards/mets/>). Metadata Encoding and Transmission Standard (METS) není určen pro specifický typ archivovaného obsahu, a nemá tedy vytvořené nástroje speciálně pro audiovizuální obsah (např. popisy navázané na časový kód). Standard METS používá k popisu struktur schémata (XML Schema, podrobnosti viz konsorcium W3C). Základ dokumentu uspořádaného podle standardu METS tvoří tzv. strukturální mapa (*structural map*), která popisuje typ (např. kniha) a členění (např. stránky). Další důležitou součástí dokumentu je odkaz na archivovaný obsah nebo obsahy, například u fotografie archivované i s náhledy může příslušná část dokumentu v jazyce XML vypadat následovně.

```
<mets:fileSec>
<mets:fileGrp USE="archive image"></mets:fileGrp>
<mets:fileGrp USE="reference image"></mets:fileGrp>
<mets:fileGrp USE="thumbnail image"></mets:fileGrp>
</mets:fileSec>
```

Jak již bylo u komplexních standardů uvedeno, dokument METS může obsahovat všechny typy metadat, má tedy specifickou sekci věnovanou popisným metadatům, a není přesně definována struktura těchto sekcí, lze například použít popisná metadata ve formátu MODS nebo MARC, Administrativní sekce může kromě technických metadat a metadat popisujících původ (<sourceMD>) obsahovat i informace o autorských právech. Z hlediska standardu OAIS je důležitá položka <digiprovMD>, v rámci které se ukládají informace o archivaci, například historie a

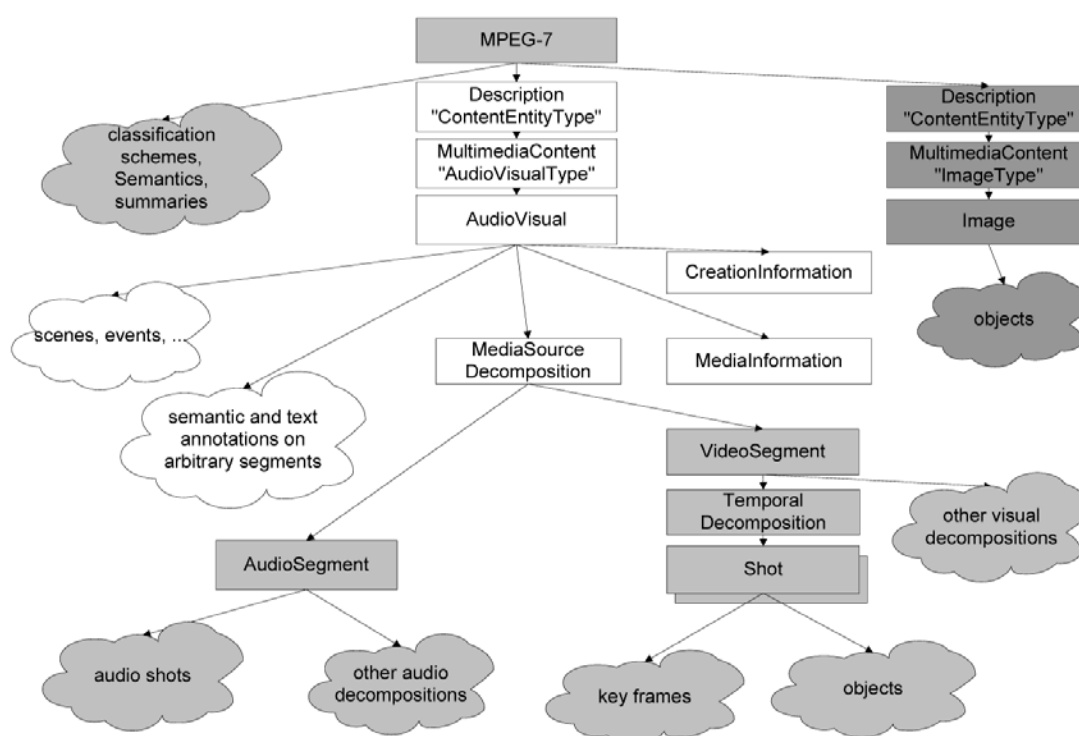
archivační cyklus. V tomto směru odpovídá dokument METS požadavkům ne ukládání RepINFO, tedy informaci o způsobu archivace objektu. Podobně v rámci technických metadat je možné uložit podrobné informace o způsobu kódování nebo digitalizace esence, například v případě obrazu barevný prostor, vzorkování nebo bitovou hloubku. Tato informace je klíčová pro rekonstrukci esence. Následující příklad popisuje strukturu obrazových informací u formátu TIFF.

```
<mets:techMD ID="TECHTIFF01">
<mets:mdWrap MDTYPE="NISOIMG">
<mets:xmlData>
<mix:mix>
<mix:BasicImageParameters>
<mix:Format>
<mix:MIMEType>image/tiff</mix:MIMEType>
<mix:ByteOrder>little-endian</mix:ByteOrder>
<mix:Compression>
<mix:CompressionScheme>1</mix:CompressionScheme>
</mix:Compression>
<mix:PhotometricInterpretation>
<mix:ColorSpace>1</mix:ColorSpace>
...
```

#### 4.3.3 Standard MPEG-7

MPEG-7 byl prvním standardem v klasickém smyslu (publikovaný v roce 2001 jako ISO/IEC 15938), který byl vytvořen pro popis struktury doprovodných informací pro multimediální obsah. Formálně proto také bývá označován jako rozhraní pro popis multimediálního obsahu (*Multimedia content description interface*). Soubor dat strukturovaný podle standardu MPEG-7 může být uložen ve formátu XML nebo jako binární data (formát BiM). Standard se obdobně jako ostatní standardy MPEG dělí na části (Part 1 až Part 8), které popisují například architekturu souboru, schémata popisů, typy dat, sémantiku a vazby mezi objekty. Důležitou část standardu tvoří tzv. deskriptory (*descriptors*), které označují různé typy metadat (popisná jako např. autora, administrativní jako je formát souboru) a lze je dále uspořádat do skupin (*Description schemes*). Vizuální deskriptory definované ve standardu MPEG-7 jsem zmiňoval již v souvislosti s obrazovou analýzou dat (kapitola 4.2.2).

Podobně jako u standardů MPEG-2 a MPEG-4 jsou i ve standardu MPEG-7 definovány profily, MPEG-7 také dovoluje uchovávat metadata navázaná na konkrétní časový kód (např. zmíněné vizuální deskriptory). Jelikož v rámci MPEG-7 existuje i struktura (resp. odpovídající deskriptory) popisných metadat, vznikly v praxi například příklady mapování mezi relevantními skupinami metadat MPEG-7 a Dublin Core (viz příklad mapování mezi standardy popisných metadat v kapitole 4.5.) V rámci projektu PrestoSpace také vznikl popis použití MPEG-7 profilu DAVP (*Detailed Audiovisual Profile*) pro dlouhodobou archivaci audiovizuálních dat (Schallauer et al, 2006).



*Přehled struktury deskriptorů odpovídající profilu DAVP (Schallauer et al, 2006)*

#### 4.3.4 Standard MPEG-21 (DID)

Samotný standard MPEG-21 se vymyká zařazení do kapitol definovaných v této práci, jelikož se jedná o pokus definovat obecný rámec pro multimediální obsah. Práce na tomto standardu započaly již v roce 2000, první verze byly přijaty rok po té. V první části samotného standardu ISO/IEC TR 21000-1:2001, nazvané

příznačně Vize, technologie a strategie (*Part 1: Vision, Technologies and Strategy*), je jeho cíl popsán jako „definování multimediálního rámce, který by umožňoval transparentní a plnohodnotné využití multimediálních zdrojů napříč širokým spektrem sítí a zařízení pro potřeby různých komunit“ (ISO/IEC TR 21000-1:2001). MPEG-21 tak definuje nejen formáty, ale i postupy a technologie potřebné pro různé typy produkčních a distribučních řetězců. Z výše uvedeného je patrné, že se jedná o velmi ambiciózní a komplexní iniciativu, která ovšem v praxi naráží nejen na rychlý technologický rozvoj, ale i na partikulární zájmy komerčních výrobců vyvíjející vlastní postupy. MPEG-21 je členěn (obdobně jako ostatní standardy z rodiny MPEG) na relativně samostatné části (*Parts*), které jsou publikovány postupně (aktuálně poslední část, ISO/IEC 21000-19:2010, MPEG-21 *Media Value Chain Ontology*, byla publikována v roce 2010). Jednotlivé části popisují například identifikaci digitálního objektu (*Part 4: Digital Item Identification*), správu a ochranu duševního vlastnictví (*Part 5: Intellectual Property Management and Protection*), nebo streamování digitálních objektů (*Part 18: Digital Item Streaming*).

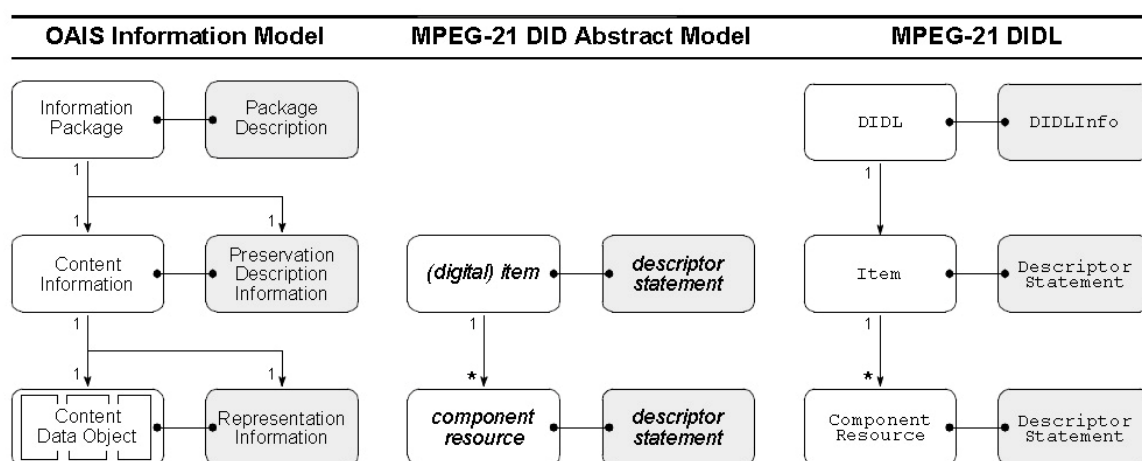
Z hlediska metadat je důležitá část 3 (*Part 3: Digital Item Declaration, DID*), zaměřená na definici (deklaraci) digitálního objektu (*Digital Item*). Dále se zaměřím jen na část standardu označovanou jako MPEG-21 DID, respektive MPEG-21 DIDL (L jako *Language*) s ohledem na definici jazyka popisu digitálních objektů. Koncept vychází z definice strukturovaného digitálního objektu, který zahrnuje reprezentaci, identifikaci a metadata. Základní části standardu jsou členěny na:

- **Model** – popis abstraktních termínů a konceptů, pomocí kterých je možné definovat digitální objekt
- **Reprezentaci** – normativní popis syntaxe a sémantiky jazyka využívající koncepty a terminologie definované v modelu a vyjádřené v jazyce XML
- **Schéma** – kompletní XML schéma zahrnující gramatiku reprezentace digitálních objektů

Ve spojení s jazykem XML a XML schémata poskytuje standard MPEG-21 poměrně robustní a přitom flexibilní nástroj pro popis datových struktur. Z hlediska dlouhodobé archivace se nabízí otázka, zda lze MPEG-21 DIDL používat k vytváření struktur odpovídající referenčnímu modelu OAIS, tj. s jasně identifikovatelnými

informačními bloky (*Package Description*, *Preservation Description Information*, *Representation Information*).

Díky jasně definované terminologii, konceptům a syntaxi je možné navrhnout mapování struktur v MPEG-21 DID na referenční model OAIS, jak ukázal například Beakaert s kolektivem spoluautorů. Pomocí konstrukce z prvků descriptor/statement lze například v MPEG-21 DIDL vytvořit datový blok odpovídající informaci odpovídající OAIS Preservation Description Information (Bekaert et al, 2005).



*Mapování prvků podle informačního modelu OAIS na abstraktní model MPEG-21 DID a na MPEG-21 DIDL XML syntaxi (převzato z Bekaert et.al. 2005)*

Druhá (aktualizovaná) verze příslušné části standardu (ISO/IEC 21000-2:2005) navíc přinesla rozšíření doplňkové atributy prvků DIDL (*DIDL element*) i možností vnoření (XML obsah jako součást prvku DIDLInfo, který sám je dceřiným prvkem kořenového DIDL prvku). MPEG-21 DID tak z tohoto pohledu představuje velmi slibný standard i z pohledu dlouhodobé archivace i s ohledem na další části standardu MPEG-21. Pro použití v audiovizuálním průmyslu by tak v tomto směru měla hrát významnou zejména část 4 (Part 4) věnovaná správě duševního vlastnictví. Řada autorů rozpoznala potenciál standardu MPEG-21 pro audiovizuální průmysl a navrhla jeho konkrétní použití pro produkci, archivaci a distribuci, například provázání se standardem MXF a generování kódů EPG (*Electronic Program Guide*, elektronický programový průvodce) (Lugmayr et al., 2004). Jak již ale bylo v této kapitole zmíněno, navzdory velkému potenciálu formátu MPEG-21 je jeho komplexní

využití u archívů v audiovizuálním průmyslu velmi málo dokumentované. O možných důvodech se zmíním rovněž v kapitole 6, věnované konkrétní architektuře archívu.

#### **4.4 Formáty administrativních metadat**

Vzhledem k tomu, že administrativní metadata slouží technickým účelům konkrétního uspořádání archívu, je velmi těžké vytvořit nějaký univerzální standard. Tento typ metadat slouží i samotným systémům pro identifikaci a automatické operace s obsahem, váže se proto i ke konkrétnímu typu esence. Například v oblasti zvukových dat probíhají práce na formátu pod kódovým označením AES-X098B, který plánuje Audio Engineering Society uveřejnit jako standard AES 57. Tento AES standard pro audio metadata bude popisovat strukturu zvukových objektů učených pro archivaci (*audio object structures for preservation and restoration*). Administrativní metadata jsou také součástí komplexních metadatových formátů nebo datových kontejnerů.

#### **4.5 Formáty popisných metadat**

V audiovizuálním průmyslu vzhledem k architektuře systému (viz kapitola 5) existuje řada proprietárních řešení, která většinou bývají navázána na konkrétní databázové (nejčastěji SQL nebo Oracle) či souborové (XML nebo HTML) řešení. Vzájemné mapování atributů mezi databázemi ve většině případů nepředstavuje technický problém, obtížnější je export relací a funkčních skupin. V oblasti audiovizuálního průmyslu jsou standardy navázány na ukládání a distribuci esence, což platí částečně pro MPEG-7, ale zejména pro AAF a již zmíněný MXF.

Kromě těchto formátů existuje řada standardů popisujících schémata uspořádání jednotlivých atributů pro konkrétní reprezentaci, například RDF, DCD nebo SOX (*Object-oriented XML*). Řada užívaných formátů (standardů) má tak charakter slovníků s definovanými názvy položek, případně jejích kódováním a hierarchií. Zde se také může jevit jako nepřesné členění na různé typy metadatových formátů (ve smyslu rozlišení na administrativní nebo popisná metadat), neboť zmíněné slovníky zahrnují definice různých typů metadat (viz například SMPTE metadata dictionary).



V praxi mají popisná metadata většinou textovou podobu z důvodu, aby byla čitelná člověkem (human readable).

#### **4.5.1 Standard Dublin Core**

Metadatový slovník (schéma) Dublin Core je vyvíjen a spravován otevřenou neziskovou organizací Dublin Core Metadata Initiative (DCMI). Ačkoliv schéma existuje a hojně se používá již od devadesátých let minulého století, standardizace se dočkalo až v roce 2009 jako ISO 15836:2009 (DCMES - Dublin Core Metadata Element Set). Jedná se o velmi jednoduché schéma, které v základním souboru (DCMES) obsahuje 15 položek (např. Title, Creator, Subject), které se smějí opakovat. Dublin Core je navržený jako nezávislý na konkrétní syntaxi a proto mohou být jeho aplikace velmi široké. Pro zjednodušení správné aplikace schématu byl vytvořen referenční model (Dublin Core Abstract Model), pomocí kterého lze porovnávat konkrétní způsoby kódování nezávisle na použité syntaxi.

#### **4.5.2 SMPTE metadata dictionary**

Metadatový slovník SMPTE byl vyvinut společností SMPTE (*Society of Motion Picture and Television Engineer*) a publikován jako standard v roce 2001 (SMPTE 335M-2001). SMPTE na seznamu položek neustále pracuje a na svých stránkách (<http://www.smp-te-ra.org>) publikuje nové verze – aktuální má označení RP210-11-2008 a je volně ke stažení ve formátu Microsoft Excel. V současnosti zahrnuje téměř dva tisíce položek včetně metadat pro potřebu konkrétních produkčních společností (např. CNN Relational Attributes), výrobců technologií (např. Sony, Quantel nebo Panasonic) a různých dalších institucí nebo asociací (např. Institut für Rundfunktechnik, Association of Radio Industries and Businesses nebo Association of Moving Image Archivists). Slovník SMPTE kromě názvů a definic jednotlivých položek (*Data Elements*) specifikuje jejich identifikátory (SMPTE Designator, SMPTE Item Designator, Designator ve formátu UL), volitelně typ (např. EBU, ATSC nebo ISO standard), délku datového řetězce hodnoty položky (např. max.127 Byte), případně odkaz na externí dokumentaci. Obecně lze položky členit na:

- identifikační (zahrnuje např. i jednotné identifikátory esence jako je UMID nebo UPID)
- administrační
- interpretační
- parametrické (např. pro konfiguraci)
- procesní (obsahující informace o zpracování esence a metadat)
- relační (definující vztahy mezi položkami)
- prostoročasové (informace o konkrétním prostoru a času)
- registrované organizacemi (viz výše zmíněné)
- experimentální

V rámci organizace SMPTE byly zahájeny práce na standardizaci přepisu slovníku do formátu XML a vytvoření návaznosti na další standardy jako je MPEG-7. V současnosti se ale úsilí zaměřuje spíše na rozvoj standardu MXF (SMPTE 377M).

### 4.5.3 Formát XMP

Příkladem průmyslového standardu, který specifikuje ukládání popisných, a v určité míře administrativních metadat pro obrazový nebo zvukový obsah, je formát XMP (*Extensible Metadata Platform*), uvedený společností Adobe. Popisná data lze v rámci formátu XMP ukládat v řadě schémat, například Dublin Core, nebo ve specifických schématech pro konkrétní aplikace (Adobe Photoshop). Soubor dat ve formátu XMP lze vložit do různých dalších formátů, jako je např. pdf, JPEG, JPEG2000, TIFF, AVI nebo WAV. Adobe poskytuje specifikaci formátu ve formě Toolkitu zdarma v rámci BSD licence, kompletní specifikace je však patentovaná a vývoj zajišťuje plně společnost Adobe, na jejích stránkách (<http://www.adobe.com/devnet/xmp/>) lze také nalézt podrobnější informace.

### 4.5.4 Mapování schémat popisných metadat mezi standardy

Jelikož schémata obsahující definici metadatových položek obvykle vycházejí z podobných principů, lze nalézt vhodné mapování mezi jednotlivými standardy

alespoň pro základní podskupinu položek. Z toho pohledu a i s ohledem na referenční model OAIS se jeví jako podstatnější volba výchozí ontologie a návazně hierarchické struktury vztahů mezi metadaty, reprezentacemi esence (např. verzemi jednoho díla) a navázanými esencemi (např. doprovodným zvukem). V praxi je potom důležitá možnost uložení příslušného metadatového schématu v rámci zvoleného kontejnerového formátu (např. MXF).

Dublin Core	DMS-1/Production Framework (PF)	SMPTE	P/META
Title	Titles:MainTitle	Titles:MainTitle	Item_Title, etc
Alternative (Qualifier of Title)	Titles:SecondaryTitle	Titles:SecondaryTitle	Item_Sub_Title
Creator	Participant	Administration:SourceOrganisation	Role_Type_Code, etc
Subject	ProductionFramework: FrameworkTitle Annotation Shot	“Cataloguing, Indexing, Thesaurus or Gazetter system used”:Subject	Classification_Term_Code, etc
Subject	Classification	N/A	Index_Keyword_Name
Description	Annotation:AnnotationDescription Classification Captions Description Scripting	TextualDescription:Description	Item_Script_Description, etc

*Příklad mapování několika základních položek mezi standardy*

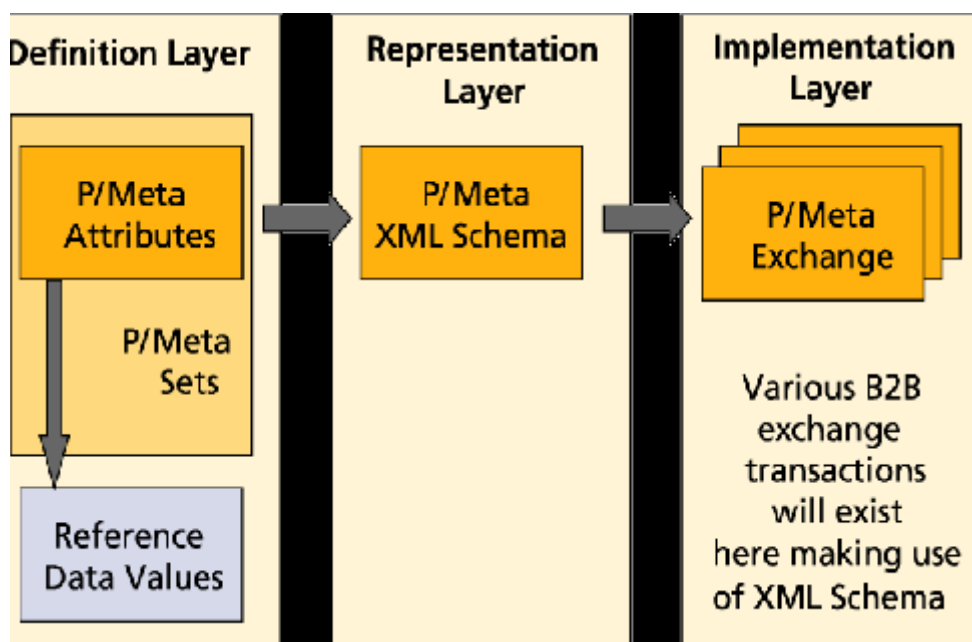
Praktická proveditelnost vzájemného mapování kompletních metadatových struktur ovšem souvisí nejen se samotnou identifikací metadatových položek a jejich formátování, ale zejména s konkrétní reprezentací datového modelu. Například při složitějších vazbách (1-n) mezi položkami nelze provést kompletní převod, pokud cílový formát dané uspořádání struktury nepodporuje. V praxi tento problém může být spojený s potřebou migrování databáze (pokud jsou metadatové struktury primárně uloženy v databázi, viz rovněž kapitola 6), což představuje další náklady a riziko ztráty dat při pravidelné migraci.

#### **4.6 Distribuční formáty metadat**

Samostatnou kapitolu tvoří čistě distribuční schémata, která nedefinují konkrétní souborový formát, ale sadu parametrů pro jednotlivé skupiny metadat (příkladem je např. P/META). Pro výše zmíněné standardy je charakteristická orientace zejména na praktické produkční atributy, například u AAF je to schopnost přenášet popis rozpracovaného projektu včetně údajů o vrstvách esence a aplikovaných operacích. Pro samotné kódování metadat pro distribuci lze použít například již zmíněný standard METS (kapitola 4.3.2), zaměřený na XML formát, který respektuje dělení metadat na popisná, technická, administrativní a strukturální.

Jak již bylo uvedeno v sekci věnované souborovému formátu MXF, relevantní atributy spolu s doplňkovými informacemi jsou mapovány do tohoto formátu s ohledem na příslušné standardy. Pro potřeby distribuce je navrženo a v rámci EBU doporučováno schéma P/Meta, které je primárně určené pro výměnu obsahu spolu s metadaty a využívá formátu XML.

Jelikož standard P/Meta sám o sobě nedefinuje konkrétní uspořádání databázové struktury ani soubory metadat, lze v rámci něj využít aktuální soubory atributů používané konkrétním producentem obsahu, pokud jsou v souladu s mezinárodními zvyklostmi (například s číselníky pro identifikaci žánrů používané v rámci EBU). P/Meta standard je jazykově a systémově nezávislý, proto se hodí i pro český jazyk.

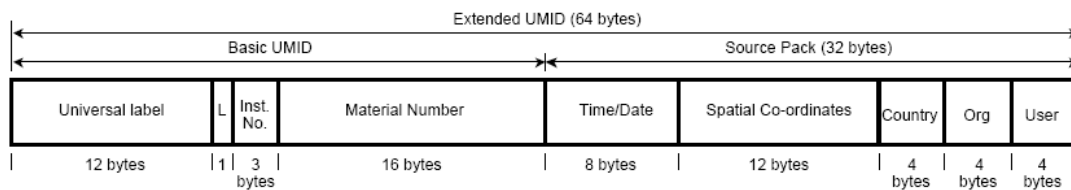


*Základní struktura vrstev pro standard P/Meta*

V případě MPEG-7 a kompletního P/Meta souboru je mapování do MXF přímým způsobem neproveditelné, lze využít ovšem kódování XML (MPEG-7) resp. HTML (P/META) pro připojení určitých atributů. Přes unikátní identifikátory lze ovšem zajistit pevnou vazbu na dodatečná metadata umístěná v databázích.

#### **4.7 Jednotná identifikace esence**

Důležitým prvkem v popisu esence je jednotný identifikátor, který zajišťuje jak vazby mezi esencí a metadaty, tak i mezi esencemi navzájem. Aby bylo možné zajistit bezpečnou výměnu obsahu mezi esencemi, existují standardy definující formát unikátního popisu. Příkladem může být unikátní identifikátor ve tvaru UMID ve standardu SMPTE 330M-2000. V případě, že příchozí materiál již má identifikaci UMID, je tento identifikátor příslušně aktualizován a je provedena synchronizace s ostatními identifikátory v systému.



#### *Datová struktura Extended UMID*

U formátu MXF tvoří UMID jeden ze základních prvků a je uložen v hlavičce metadat jako část strukturálních metadat. UMID lze také uložit v systémové poloze pro každý datový kontejner, podrobněji viz výše v struktuře formátu MXF a v příslušném standardu SMPTE. Pro (nouzovou) potřebu signálového exportu pomocí signálu SDI může být UMID uložen spolu s dalšími metadaty do přídatných datových paketů (*Ancillary Data packets*) podle standardu SMPTE 291M, s využitím kódování KLV.

#### **4.8 Informace vztažené k duševnímu vlastnictví**

Informace o autorovi díla bývá obvykle součástí popisných metadat, nicméně samotná identifikace autora a jeho role nemusí postačovat k určení duševních práv k dílu. Autorské právo je v různých zemích upravováno různě a samotné užívání díla bývá předmětem smluvních vztahů. V této práci se nebudu zabývat legislativními otázkami, v této kapitole chci zejména poukázat na komplexnost problémů spojených s archivací doprovodných informací spojených s duševním vlastnictvím. Identifikace autorů je v audiovizuálním průmyslu klíčová, neboť práva k nakládání s konkrétní esencí jsou obvykle vázána na určité typy použití a vypořádání autorských práv tvoří nutný předpoklad pro jakoukoli formu obchodování s audiovizuálním obsahem. U audiovizuálního materiálu navíc situaci komplikují další faktory.

Prvním faktorem je skupinový charakter výroby audiovizuálních děl, kde mohou být jednotlivé role různě definovány, jedna osoba může zastávat více rolí a více osob může roli sdílet. U řady rolí (jako je například režisér, kameraman, střihač) navíc platí, že představitelé těchto rolí významně autorsky ovlivňují podobu díla a tudíž u nich vzniká autorský vztah k audiovizuálnímu materiálu. Vzniká proto reálný

problém, jak tuto mnohorozměrnou strukturu převést do konkrétního popisného modelu tak, aby odrážel podíl jednotlivých autorů, tato otázka je spojená i s konceptem díla ve smyslu popisovaném v úvodu této kapitoly.

Dalším faktorem, který komplikuje jasnou definici autorství, je samotná povaha audiovizuální postprodukce, která již v dobách analogového záznamu dovozovala kombinovat esenci různého původu tak, aby vzniklo nové dílo. Proto je obvykle archív navázaný na produkci zároveň i zdrojem pro další zpracování (postprodukci). Kombinací esence uložené v archívu s další esencí může vzniknout nové dílo, které se pak stane další položkou v archívu, ovšem informace spojené s původní esencí by měly být přeneseny na nové dílo. To se samozřejmě netýká jen informací o autorských právech, ale i obecně popisných nebo technických metadat. V praxi se problém například řeší navázaným dokumentem se seznamem použitého materiálu. Pokud se ovšem nepoužívá unikátní identifikátor, jsou tyto informace obtížně elektronicky zpracovatelné a vznikají komplikace pro distribuci (informace o dílčích esencích nejsou součástí primárního souboru metadat). Systém odkazu na použité dílo naráží rovněž na problém řetězení, použité dílo může obsahovat opět části jiných děl a z odkazu nemusí být zřejmé, zda tak nebyla tímto způsobem využita další díla.

Ačkoliv vhodně zvolený model informačního objektu spolu s užitím standardizovaného formátu MPEG-21 může poskytnout dobrý základ pro uchování všech informací potřebných pro identifikaci duševního vlastnictví, v praxi hraje roli fyzické uspořádání archívu a návazných systémů a zejména procesy při výrobě a archivaci aplikované konkrétním subjektem. O rizicích konkrétní implementace technologií a postupů se zmiňuji v kapitolách 6 a 7.

## 5 Fyzické úložiště dat

Pod pojmem fyzické úložiště dat rozumím soubor technologií, které dovolují data uložit a přistupovat k nim (číst je). Skládá se zpravidla z fyzického datového nosiče (např. magnetický nebo optický disk, magnetická páska) a ze zařízení pro jeho čtení s příslušným rozhraním a doprovodným software. Z hlediska dlouhodobé archivace je třeba pohlížet na fyzické úložiště jako na celek, protože pro přístup k uloženým datům je třeba funkčnost všech komponent. Pokud má například fyzický datový nosič výrobcem zaručenou životnost 100 let (s odhlédnutím od reálné ověřitelnosti podobného tvrzení), neznamená to, že fyzické úložiště, které tento nosič využívá, má shodnou dobu použitelnosti pro archivaci. Jestliže není dostupné zařízení pro přečtení nosiče, například z důvodu nahrazení mechaniky zpětně nekompatibilním modelem, je datové úložiště jako celek nepoužitelné. Dalšími důležitými prvky jsou potom rozhraní zařízení pro čtení a příslušný software. Pokud dojde ke změně specifikace rozhraní u systému pro čtení obsahu, datové úložiště s již nepodporovaným typem rozhraní není možné připojit. Software (ovladač) potom zajišťuje, že datové úložiště je možné připojit k existujícímu operačnímu systému (nebo k reprodukčnímu zařízení). V neposlední řadě je třeba zmínit otázku samotného ukládání dat v podobě souborů, které rovněž vyžaduje specifikaci konkrétního systému (např. souborový systém NTFS). Z výše uvedeného výčtu je zřejmé, že při současném vývoji informačních technologií dochází k pravidelné obměně všech zmíněných komponent a v horizontu delším než 10let (viz např. Rosenthal, 2008) nelze garantovat dostupnost datového úložiště jako celku. Jediným možným dlouhodobým řešením je proto migrace, což odpovídá i postupu uvedenému ve standardu ISO 14721:2003.

Pokud je pravidelná migrace jedinou aktuálně známou strategií dlouhodobého ukládání dat, může se zdát volba konkrétního dočasného fyzického úložiště jako podružná. Vzhledem k vysokým finančním nákladům spojeným s pořízováním technologií a provozním faktorům je však takto problematika v praxi velmi intenzivně řešena, a proto je dle mého názoru navzdory neustále se měnící situaci v aktuálně dostupných systémech v této práci vhodné zmínit některé obecné faktory, které mají na výběr konkrétní technologie vliv. Obecně platí, že existuje jen velmi málo vědeckých studií, které by se zabývaly srovnáním různých technologií, řada tvrzení o



konkrétních vlastnostech pochází z laboratoří samotných výrobců a jejich věrohodnost nelze ověřit. Výrobci se také ve své argumentaci zaměřují na dlouhodobé vlastnosti média nebo úložiště bez ohledu na reálnou potřebu migrace. Může tak vznikat dojem, že některé postupy jsou již z dlouhodobého hlediska vyřešené a není jim třeba věnovat pozornost (viz. Rosenthal, 2008), zvláště když výrobci operují s poměrně dobře definovanými údaji jako je například MTDDL (*Mean Time To Data Loss* – střední čas ke ztrátě dat) a odvolávají se na výsledky laboratorních testů. Například společnost Sirius Cybernetics uvádí, že její systém SC5800 má MTDDL  $(2.4 \pm 0.4) \times 10^6$  let a na simulovaných testech dokládá, že k 2/3 chyb dojde mezi  $2.0 \times 10^6$  a  $2.8 \times 10^6$  lety od začátku používání systému (Rosenthal, 2008). Podobně (dle údajů výrobce) Pergamum system schopný uložit až  $10^{16}$  bytes uživatelských dat zaručuje MTDDL  $1.25 \times 10^7$  hodin, čili přibližně 1,400 let (Storer et al. 2008). S ohledem na výše uvedené zastarávání některých komponent však tyto údaje nevypovídají o komplexní dostupnosti takto uložených dat a uživateli nezaručí jejich dostupnost v horizontu například 100 let.

Navzdory výše uvedeným skutečnostem však existují určité parametry, které je vhodné při výběru fyzického úložiště zohlednit, z tohoto důvodu budu v této práci zmiňovat i konkrétní technologie jako příklad řešení pro ukládání dat. Budu se dále zabývat jen obecnými úložišti, která nejsou svázaná s konkrétním formátem dat. Například záznamové systémy využívající akviziční formáty pro audiovizuální dat, jako je XDCAM nebo P2 (obchodní označení), splňují definici fyzického datového úložiště, ale jsou natolik svázané s konkrétní implementací (formát záznamu je svázán s konkrétním nosičem a typem dat, vše je proprietární a dokumentace nedostupná), že není možné jednotlivé parametry relevantně srovnávat. Pro minimální možnost jejich integrace do archivačních systémů se tento typ záznamu pro dlouhodobou archivaci v praxi téměř nepoužívá.

Z hlediska obecného dlouhodobého ukládání dat bez ohledu na návazné procesy a další funkce úložiště dat v systému lze definovat následující požadavky na fyzické úložiště:

- 1) Odolnost proti ztrátě dat
- 2) Zajištění přístupu k datům

### 3) Proveditelnost migrace

Na obecné rovině informačních technologií jsou zejména první dva požadavky zcela základní, u dlouhodobé archivace je třeba navíc zohlednit specifickou časovou rovinu (odolnost a přístup v rámci dlouhého časového úseku).

#### 5.1 *Odolnost proti ztrátě dat*

Odolnost fyzického úložiště proti ztrátě dat tvoří část komplexní otázky bezpečnosti dat. Opět navzdory tvrzením řady výrobců konkrétních řešení, a to jak na úrovni systémů, tak i samotných nosičů, dlouhodobá bezpečnost dat není jednoznačně vyřešeným problémem. Aktuální poznatky k bezpečnosti dat tak mohou být shrnuty do následujících třech bodů, které však mají reálná omezení v praxi uvedená u každého bodu (Rosenthal, 2008):

- **Čím více kopií, tím bezpečnější uložení**

S rostoucím množstvím dat rostou náklady na jednu kopii, což reálně snižuje množství kopií, které si instituce může dovolit

- **Čím nezávislejší kopie, tím lépe (ve smyslu typu a místa uložení)**

S rostoucím množstvím dat je ekonomicky dostupné menší množství variant úložišť, čímž roste množství dat uložených na jednom typu úložiště a snižuje se míra nezávislosti kopií.

- **Čím častěji jsou kopie kontrolovány, tím je systém bezpečnější**

S rostoucím množstvím dat zabere kontrola obsahu delší dobu, čili se snižuje frekvence kontrol

Z výše uvedeného je zřejmé, že bezpečnost dat je vždy kompromisem a s rostoucím objemem dat reálná bezpečnost klesá. U velkých dlouhodobých archivů tak mohou být problémy zjištěny až v okamžiku migrace, neboť k určitým typům dat

nemusí být přístupováno v horizontu několika let a kontrola dat a vytváření záložních kopií mohou být vzhledem k jejich relativně nižšímu významu pro vlastníka zanedbávány. Důsledky poškození dat potom souvisí s odolností příslušné datové struktury (souboru), viz kapitola 2.7.2). V praxi se rovněž používají metody průběžné kontroly integrity uložených dat založené například na kontrolních součtech, někdy se pro kontrolní součet uložený současně s esencí používá termín „otisk prstu“ (*fingerprint*).

## **5.2 Přístup k datům**

Zajištění přístupu k fyzicky uloženým datům má u audiovizuálního obsahu dvě roviny. Z hlediska prohledávání, přístupu k metadatům a stále častěji i k obrazovému náhledu úzce souvisí s architekturou celého systému, protože databáze, metadata a náhledy mohou být uloženy na jiném fyzickém úložišti než obsah samotný. Druhou rovinu tvoří otázka specifického přístupu k vnímatelné reprezentaci uloženého obsahu, jinými slovy jak technologicky náročné je převést uložená data do podoby vnímatelného obrazu a zvuku. Zde samotné fyzické úložiště může být obecným datovým nosičem, nebo nosičem se specifickým formátem, jehož reprodukce vyžaduje určitý typ zařízení (například v případě uložení na páskovém akvizičním formátu, který lze přehrát jen na specifickém přístroji).

## **5.3 Náročnost migrace**

Jak již bylo v úvodu této kapitoly napsáno, náročnost migrace, respektive náklady a časová dotace potřebné pro migraci na jiné fyzické úložiště nebo na jiný formát, představují klíčový parametr, který je třeba při jeho výběru zohlednit. Tato náročnost souvisí nejen se samotnými technickými parametry média (maximální rychlost čtení, potřeba čištění a oprav chyb, náročnost fyzické manipulace s nosiči), ale i s provedením knihovny (míra automatizace, redundance dat, datové toky při čtení a přenosu) a celou architekturou systému (uspořádání databáze, členění archivu na různé typy nosičů a formátů). Významným prvkem při migraci je kontrola dat, pokud dochází ke změně formátu a byla použita ztrátová komprese, je třeba provádět kontrolu nejen na úrovni automatické kontroly zachování bitového obsahu (integrita, kontrolní součty), ale vzniká potřeba i vyhodnocovat kvalitu obsahu. To může u dat

uložených určitým způsobem (například kontejnery s velkým množstvím esence) přinést dodatečné zvýšení náročnosti spojené s potřebou dalšího datového zpracování (rozbalování, překódování).

Kromě celkové migrační strategie je třeba vytvořit projekt samotného procesu migrace, který bude zahrnovat nejen podrobný plán s odhadem náročnosti všech kroků, ale i testování před samotným procesem, během něj a po něm. Zejména testování před zahájením migrace může odhalit řadu rizik a nepřesných předpokladů, například z hlediska datové propustnosti, rychlosti konverze nebo mapování metadat. V oblasti obecné migrace dat již v tomto směru existuje řada doporučení včetně strategií pro testování procesu migrace, včetně komerčně dostupných testovacích nástrojů (Katzoff, 2009). Některé z těchto doporučení a nástrojů lze uplatnit již v době výběru fyzického úložiště a architektury systému, například stanovení kompletní specifikace migrace nebo identifikaci zdrojů migračních chyb.

## **5.4 Přehled aktuálních řešení**

### **5.4.1 Páskové systémy**

Systém ukládání dat na magnetické pásky je poměrně starý a v určité době ho využívala i většina výrobců akvizičních formátů (např. SONY – DVCAM, Betacam SX, HDCAM, Panasonic – DVCPRO). Principiálně se jedná o obdobný systém, který se užíval i u analogového páskového záznamu pro audiovizuální signály a v podstatě lze rozdělit aktuálně používané systémy na dva typy podle uspořádání datových stop na pásce – na lineární a šikmé/spirálové (*Helical scan*). Představitelem lineárního záznamu jsou páskové formáty DLT, LTO a Travan, nejrozšířenější systémy využívající šikmé stopy jsou DAT a AIT (*Advanced Intelligent Tape*, *SAIT* - *Super Advanced Intelligent Tape*). *Helical scan* byl běžný i u výše zmíněných akvizičních formátů. U páskových technologií se obvykle používá bezztrátová datová komprese podporovaná na úrovni mechaniky, lze tak dosáhnout například u formátu DLT dvojnásobné kapacity záznamu.

Výhodu řady páskových technologií je jejich dlouhá doba na trhu, která dovolila vyřešit řadu problémů a vyvinout pokročilé mechanismy ochrany dat. Pro dlouhodobé

archivy se využívá systém Write Once Read Many (WORM) s jednorázovým záznamem dat, který eliminuje riziko nechtěného přepsání. Páskové technologie rovněž využívají specifické souborové systémy, např. LTFS (*Linear Tape File System*).

Jako příklad uvedu jen některé představitele různých systémů, jedná se o průmyslové standardy, jejichž specifikace je vlastněná jednotlivými subjekty a některé formáty jsou tak plně pod kontrolou jednoho výrobce (např. SAIT). U řady technologií byl již zastaven další vývoj (AIT). Ačkoli jednotliví výrobci publikují srovnání svých technologií s konkurenčními i ve formě white papers s detailními výsledky měření (např. Quantum, Sony), nelze považovat tato srovnání za zcela objektivní a s každou novou verzí systému se navíc parametry mění.



*Zjednodušená schémata různých typů záznamu na pásku*

### Technologie AIT a SAIT

Technologie AIT (*Advanced Intelligent Tape*) byla společně vyvinutá firmami Seagate a Sony a je založena na 8mm pásce na dvou cívkách. Poslední pátá generace (AIT-5) disponovala nativní kapacitou 400 GB na nosič (*cartridge*) a maximální přenosovou rychlostí 24 MB/s.

Od technologie AIT je odvozená verze SAIT (*Super Advanced Intelligent Tape* – ochranná známka Sony), používá 0,5 palcové, jednocívkové cartridge a existuje v řadě generací. První generace páskových jednotek SAIT (SAIT-1) má kapacitu 500 GB bez komprese a až 1,3 TB s kompresí při datovém toku 30 MB/s případně 78 MB/s s kompresí. Takto vysoké kapacity je dosaženo mnohem vyšší

plošnou hustotou záznamu ve spojení s technologií spirálovitého snímání) a jednocívkové SAIT cartridge – kde páska o šířce 0,5 palce a délce 600 metrů obsahuje 5krát více záznamové oblasti než klasická 8 mm AIT média.

Současná produktová řada Sony SAIT předpokládá vývoj až 4. generace SAIT-4. Cílem je zdvojnásobení kapacity a výkonu v každé další generaci. 2. generace SAIT (SAIT-2) pokračuje v produktové řadě s kapacitou 800GB bez komprese a 2,08 TB s kompresí. SAIT-3 je plánován poskytnout kapacitu až 2TB bez komprese (a až 5,2TB s kompresí).

### **Technologie DLT**

Mezi historicky starší a dosud používané technologie s lineárním záznamem na pásku patří DLT (*Digital Linear Tape*, původně Compact Tape), vyvinutá v roce 1984 společností DEC, která po deseti letech prodala tuto technologii společnosti Quantum. Nejstarší verze nosiče měla kapacitu 94 MB, v současnosti dosahují média nativní kapacity 80 GB respektive 300 GB ve verzi SDLT (*Super Digital Linear Tape*) nebo až 800 GB ve verzi DLT S4. Společnost Quantum poskytla licenci na technologii DLT i dalším výrobcům, ale nejedná se o otevřený standard.

### **Technologie LTO**

Aktuálně největší konkurenci technologii DLT představuje technologie LTO (Linear Tape Open). Jednocívková média (*cartridge*) označované také jako LTO Ultrium, a jejich aktuálně poslední generace LTO-5 nabízí nativní záznamovou kapacitu 1500 GB s maximální přenosovou rychlostí nekomprimovaných dat 140 MBs. Technologie LTO byla vyvinuta v roce 1997 konsorciem společností Seagate, IBM a Hewlett-Packard, a její základní specifikace je volně dostupná (proto Open v názvu). Výrobu médií proto zajišťuje řada dalších firem (např. Quantum, Tandberg nebo Verbatim). Informace o technologii lze nalézt na stránkách [www.utrium.com](http://www.utrium.com).

### 5.4.2 Pevné disky

Dalším, stále rozšířenějším způsobem archivace, je ukládání dat na pevné disky. Nejedná se v tomto případě o typické datové nosiče, jelikož zpravidla nejsou uzpůsobeny pro samostatnou manipulaci. Archiv je v tomto případě fyzicky tvořen diskovými poli s velkou kapacitou, která jsou trvale přístupná prostřednictvím serveru. Vzhledem k tomu, že datový nosič (magnetická plotna) je součástí určité technologie, nelze mluvit o konkrétním standardu nebo formátu nosiče, pouze o rozhraní a přístupu k této technologii. Je možné použít různé souborové systémy a formát ukládání dat je definován i dalšími systémy (řadič, řídicí systém, operační systém). K ochraně dat je možné použít rozložené ukládání dat mezi více diskovými jednotkami, například systémy RAID (*Redundant Array of Inexpensive Disks* nebo *Redundant Array of Independent Disks*) v různých úrovních (RAID level 0-6), které se liší uspořádáním dat mezi jednotkami, dosažitelnou rychlostí a celkovou kapacitou. Specifickým případem je uspořádání v tzv. gridu, kdy distribuovaná úložiště tvoří z hlediska přístupu a správy dat jeden celek. Tento přístup je velmi populární v případě archivů, kde dochází k častým přístupům k archivovaným datům, případně se přenášejí velké objemy dat. Cena za uložená data příliš nepřevyšuje ostatní nosiče, daleko vyšší jsou ale energetické nároky a náklady na údržbu systému.

Pro snížení energetických nároků pro aplikace, kde není třeba rychlý přístup datům, se využívá uspořádání nazvané MAID (*Massive Array of Idle Disks*). V tomto uspořádání, které v praxi mohou tvořit stovky až tisíce jednotek, které jsou aktivovány (roztáčeny) jen v případě potřeby (takový typ úložiště bývá označován jako *near-line*, pro odlišení od okamžité dostupnosti dat označované jako *on-line*). U toho uspořádání se rovněž používá systém ukládání typu WORO (*Write Once, Read Occasionally*).

### 5.4.3 Solid state disk

Datové nosiče založené na pevných pamětech, například Solid State Disky (SSD), patří podle dosavadních zkušeností k velmi spolehlivým typům úložišť zejména díky eliminaci rotačních částí. I když jejich cena stále klesá, relativně nízké kapacity a vysoké pořizovací náklady je stále řadí mezi řešení nepříliš užívaná pro archivaci. Pro architekturu systémů založených na technologii SSD platí v podstatě

totéž co pro tradiční pevné disky, pole ze Solid State disků pak vynikají rychlostí (vysokými dostupnými datovými toky), spolehlivostí a nízkou spotřebou energie. U specifikace technologie SSD platí totéž, co u pevných disků, nejedná se tedy o datový nosič v klasickém smyslu, pouze o zařízení určené specifickým rozhraním a parametry. Je tedy opět možné použít různé souborové systémy a formát ukládání dat je definován i dalšími systémy, obdobně jako u pevných disků se užívá více jednotek (diskové pole) uspořádané například v konfiguraci RAID.

#### **5.4.4 Srovnání páskových a diskových úložišť**

Ačkoli z hlediska dlouhodobé archivace je klíčová migrační strategie, vedou se dnes rozsáhlé debaty na téma srovnání parametrů diskových a páskových úložišť. Vzhledem ke klesající ceně disků a velkým společnostem využívajícím rozsáhlá disková úložiště (např. Google) roste počet příznivců diskového řešení. Obhájci tradičních pásek naproti tomu nechávají zpracovávat studie dokladující nevhodnost disků pro archivaci. Například na konferenci Global IT Executive Summit v únoru 2010 (Valhalla, USA), Henry Newman, technický ředitel konzultační společnosti Instrumental, prezentoval výsledky rozsáhlého výzkumu zaměřeného na srovnání výskytu chyb u pásky a disku v prostředí reálného využití včetně zohlednění otázky nákladů a celkové spolehlivosti. Na výsledcích demonstroval nevýhody diskového úložiště pro archivaci, zejména z následujících důvodů. U disků vzhledem k vyššímu podílu chyb dochází k problémům s replikací, náklady na elektrickou energii jsou u disku výrazně vyšší a nespolehlivost disků výrazně ovlivňuje spolehlivost uložení dat zejména u úložišť nad 1 PB (Ferelli, 2010). Nezávislý analytik Greg Schulz (ibid) pak upozornil na řadu mýtů, které v oblasti panují zejména v oblasti přechodu na disková a SSD úložiště a upozornil na zajímavou skutečnost, že nyní je více dat uložených na páskových úložištích než kdykoliv dříve.

Oproti tomu jsou zpracovávány studie, jak navrhnout diskový systém vhodný pro archivaci a někteří odborníci vidí v archivu založeném na této technologii zajímavou a použitelnou alternativu. Například britský projekt AVATAR-m pracuje na vytvoření implementačního modelu spolehlivého dlouhodobého archivu založeného na diskových polích typu SAN (*Storage Area Network*) a NAS (*Network*



*Attached Storage*), který by díky kombinací různých strategií ochrany dat a průběžné kontroly integrity dat a jejich oprav dosahoval vysoké dlouhodobé bezpečnosti (Addis et al., 2009, Storer et al., 2008).

Při rozhodování mezi fyzickými úložišti je tedy třeba vzít v úvahu řadu parametrů, zejména způsob užívání, množství dat a potenciální růst archivu a dostupnou infrastrukturu (sítě, záložní systémy). V praxi se také u produkčních archivů uplatňuje kombinovaná architektura (viz následující kapitola), kde jsou data pro častou potřebu uložena na diskovém úložišti, dlouhodobý archiv se potom ukládá na pásky.

## 6 Architektura systému

### 6.1 Úvodní vymezení

Ve standardu ISO 14721:2003 (kapitola 5.2) je navržena architektura systému, která je nezbytná pro dlouhodobou archivaci dat. Tento standard ale popisuje obecný archív, u nějž vazba na produkci audiovizuálního je definována pouze jako vztah k producentovi obsahu a zajištění akvizice. V oblasti audiovizuální produkce je obvykle architektura archivního systému bezprostředně navázána na produkční řetězec, a proto některé části architektury archívu využívají společné celky s tímto řetězcem, nebo jsou s ním bezprostředně provázány například prostřednictvím systému pro správu digitálního obsahu (DAM). Díky této provázanosti je tak relevantní popisovat funkčnost kompletního systému, neboť některé funkce jsou z hlediska architektury podle modelu OAIS sdílené. Pokud instituce provozující audiovizuální archív nemá oddělené procesy a technologie specificky pro archivaci, mohou být postupy doporučené v referenčním modelu OAIS zajišťovány prostřednictvím funkčních celků provázaných s výrobou. V tomto směru navrhuji i aplikovat postupy hodnocení archívu na komplexní systém (kapitola 7), a proto pro samotné vymezení technologií a celků relevantních pro archivaci považuji za vhodné detailněji popsat architekturu systémů užívaných v audiovizuálním průmyslu.

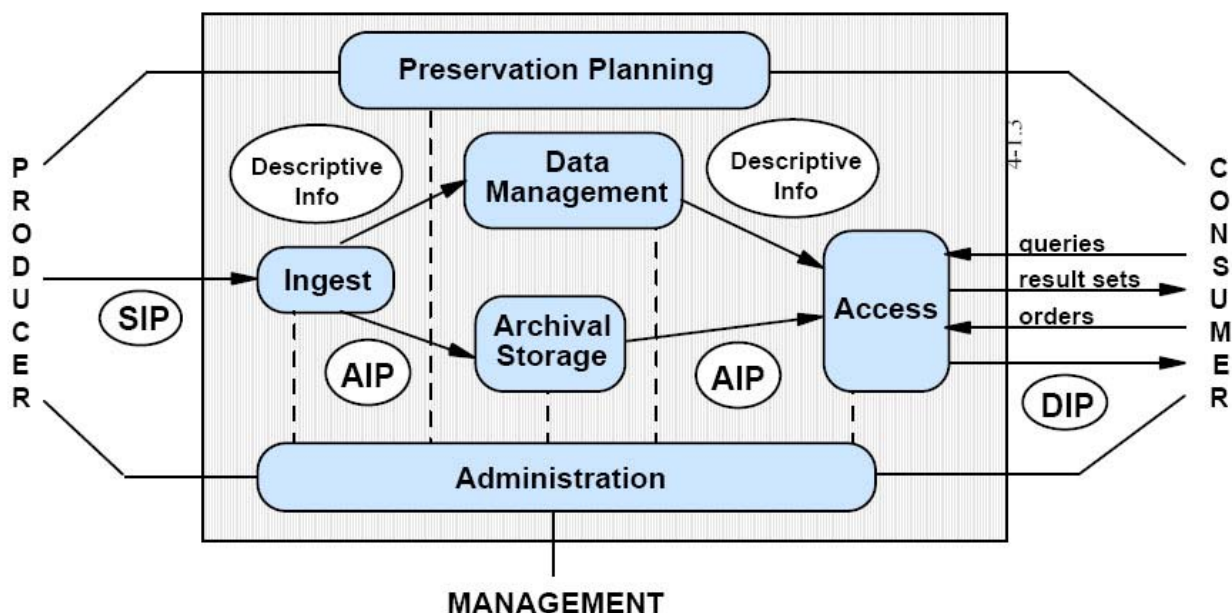
Potřeba opakované migrace potom může ovlivnit celou architekturu systému, z toho důvodu se v další části zabývám i postupem projektování a modifikace archivních celků. Vzhledem ke skutečnosti, že možných modelů audiovizuální výroby je velké množství (například s ohledem na velikost, zaměření a finanční možnosti instituce) a nejsou dostupná data poskytující přehled všech používaných konfigurací, snažil jsem se nalézt dostatečně ilustrativní příklady a na jejich základě zobecnit některé postupy.

Následující popis architektury archívů a postupů jejich budování v audiovizuálním průmyslu vznikl na základě mé zkušenosti s obdobnými projekty v oblasti produkce audiovizuálního materiálu jak na straně provozovatele systému, tak na straně řešitele projektu a systémového integrátora. Technické informace o používaných systémech a postupech pocházejí ze zdrojů jednotlivých výrobců nebo producentů obsahu. Řada údajů zde uvedených vychází rovněž z případových studií

publikovaných společnostmi Ardendo, Avid, BBC, Blue Order, Dalet, Front Porch Digital, Harris, Thomson-GVG a SBS a z příspěvků na pravidelných konferencích IBC (International Broadcasting Convention) a NAB (National Association of Broadcasters). Pro snazší pochopení některých technologických návazností uvádím jako součást popisu i postupy a motivace při budování těchto systémů, tyto informace jsou relevantní i pro kapitolu 7 (evaluace archívu).

## 6.2 Architektura podle referenčního modelu OAIS

Standard OAIS nedefinuje konkrétní architekturu archívu z hlediska technologických celků, popisuje jen funkce, které musí jednotlivé součásti archívu plnit, zejména ve vztahu k uživatelům archívu (*designated community*). Ačkoli některé funkce jsou spíše organizačního a strategického charakteru, většina z nich se odráží v uspořádání archívu. Archív tak například musí zajistit přísun dostatečného množství vstupních informací, aby zajistil dlouhodobé uchování obsahu, musí zaručit srozumitelnost obsahu pro cílovou komunitu nebo přístup této komunity k uloženému obsahu. Funkční bloky jsou v referenčním modelu OAIS znázorněné následujícím způsobem:



*Koncepční schéma uvedené ve standardu ISO 14721:2003*

### **6.3 Architektura archívů v audiovizuálním průmyslu**

Jak bylo v úvodu zmíněno, následující popis nevychází a ani nemůže vycházet z architektury statisticky vyhodnocené jako nejrozšířenější nebo nejefektivnější. Popsané postupy a řešení také vychází z komerčně dostupných technologií, používaných postupů a formátů uváděných v této práci. V kapitole 1.4., popisující typy archívu s ohledem na cíl provozovatele, uvádím, že producenti audiovizuálního obsahu budují a provozují většinou archívy provázané s výrobou a zpracováním obsahu. Z hlediska požadavku na dlouhodobou archivaci není podstatné, jakým způsobem přispívá archiv k samotnému procesu výroby, proto budu zmiňovat návazné technologické řetězce pouze v případě, že mohou mít vliv na dlouhodobou archivaci, ať již přímo nebo nepřímo. Pod přímým vlivem rozumím podíl na funkcích archívu (např. vyhledávání), nepřímý vliv může spočívat ve formování požadavků na archivační technologie, které nesouvisejí s funkcí archivace (například užití formátu vhodného pro určitý typ distribuce).

#### **6.3.1 Funkční celky archívu**

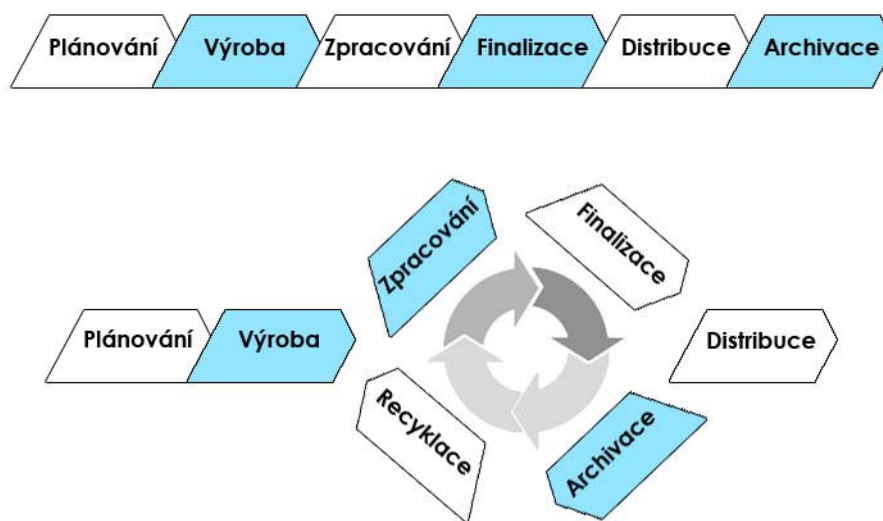
Možných způsobů členění na funkční celky je několik na základě zvolené metodiky. Lze například vycházet z referenčního modelu OAIS a popisovat celky zajišťující požadované funkce archívu (např. náběr – *ingest*), nebo je možné vymezit celky z hlediska plnění potřeb skupin uživatelů (techničtí administrátoři, pracovníci přímo zodpovědní za archivaci, uživatelé). Abych lépe přiblížil oblast audiovizuálního průmyslu, zvolil jsem členění na celky ve smyslu komerčně dostupných řešení – tedy systém zajišťující správu (DAM, MAM), samotné archivační řešení, a navázané produkční nebo správní systémy (produkční servery, plánování výroby). Zde je nutné poznamenat, že v této oblasti nejsou terminologie a vymezení celků nijak přesně zakotveny a vychází spíše ze zvyklostí. Pod celek zajišťující správu obsahu tak lze zahrnout téměř všechny součásti archívu, nebo jej můžeme chápat jenom jako nástavbu pro organizaci procesů a dat. V následujícím popisu upřednostním úplnost popisu zajišťovaných operací a jejich přiřazení k jednotlivým funkčním celkům podřídím logice textu i s vědomím, že se tak dopustím nepřesností. Každý z popisovaných celků se v praxi vyskytuje na různé

úrovni komplexity, například základní funkce systému MAM může plnit jednoduchý databázový software.

### 6.3.2 Systém správy obsahu (MAM)

Obecný systém správy obsahu nemusí souviset s archivací a tyto systémy mohou být aplikovány například jen na část výroby (v tom případě se někdy používá označení produkční správa obsahu – Production Asset Management), zde se budou zabývat výhradně systémy zahrnující archivaci.

Konkrétní funkce systému MAM vyplývají ze způsobu jeho použití, v případě archívu propojeného s dalšími celky v oblasti audiovizuální produkce MAM souvisí s výrobním řetězcem (production flow). Výrobní řetězec může být lineární, což odpovídá v dnešní době stále méně časté jednorázové produkci jednoho typu obsahu. Výrobní řetězec s recyklací materiálu (v angličtině vhodnější „repurposing“) používá výsledný materiál jako zdroj pro další operace, proto musí systém MAM tuto situaci zohlednit.



*Příklad lineárního řetězce a řetězce s recyklací materiálu*

Ačkoli řadu operací spojených s výrobou a zpracováním audiovizuálního materiálu zajišťují jiné systémy, systém MAM bývá z funkčních důvodů s řadou

operací propojen. Typické operace, které systém MAM zajišťuje, nebo se jich účastní, jsou následující:

- Vstup audiovizuálního materiálu nebo obsahu (ingest)
- Vytváření náhledu, případně kódování do cílového (archivního) formátu
- Vstup a vytváření metadat
- Editace a aktualizace metadat
- Správa metadat ve smyslu jejich navázání na esenci
- Vstup a přiřazení informací o autorských právech k databázovým položkám
- Ukládání obsahu na zvolené nosiče
- Vyhledávání v databázi
- Aktualizaci metadat nebo práv
- Export obsahu nebo jeho části z archívu (*retrieval*)

Pro ukládání a přístup k esenci je třeba zajistit technologii, která dokáže kódovat resp. dekódovat data do/z použitého formátu a tato data zobrazit ve vnímatelné formě. Systém MAM je z koncepčního pohledu na konkrétní kódovací a vizualizační technologii nezávislý, pracuje zejména s textovými popisy a náhledy a lze na něj nahlížet jako na informační systém. Z hlediska uživatele tento systém představuje hlavní rozhraní pro práci s archívem a často jeho funkcionality bývá hlavním kritériem pro posuzování funkcionality archívu (pokud neprobíhá komplexní vyhodnocení ve smyslu kapitoly 7). Zde se také uplatňují požadavky navázaných celků (výroby, distribuce).

Typický systém MAM je tvořen následujícími funkčními celky (Austerberry 2006):

- úložiště obsahu
- databáze
- řídicí systém
- systém pro vytváření a správu náhledů
- prezentační systém

Jak již bylo v úvodu této kapitoly zmíněno, základní správa obsahu může být zajištěna i v podstatě jednoduchým databázovým softwarem. Je také třeba poznamenat, že samotná databáze není jediným způsobem, jak spravovat informace potřebné pro funkcionalitu MAM. Alternativou, která se objevuje i v praxi (například podobné řešení MAM využívala dánská televizní společnost TV2) je systém pracující s indexováním a vyhledáváním v položkách, které obsahují metadata ve vhodné formě. Každý z přístupů má své výhody a nevýhody, existují i kombinace obou přístupů. Různé přístupy k řešení nelze hodnotit absolutně, ale vždy v příslušném kontextu konkrétního technologického celku. Hodnocením archivních celků se zabývám v kapitole 7..

Při produkci audiovizuálních dat mohou být se systémem MAM integrovány následující systémy:

- systém pro plánování výroby
- systém pro nabírání (ingest) materiálu
- redakční systém
- produkční systém
- automatizovaný systém řízení výroby
- odbavovací systém (playout)
- distribuční systém

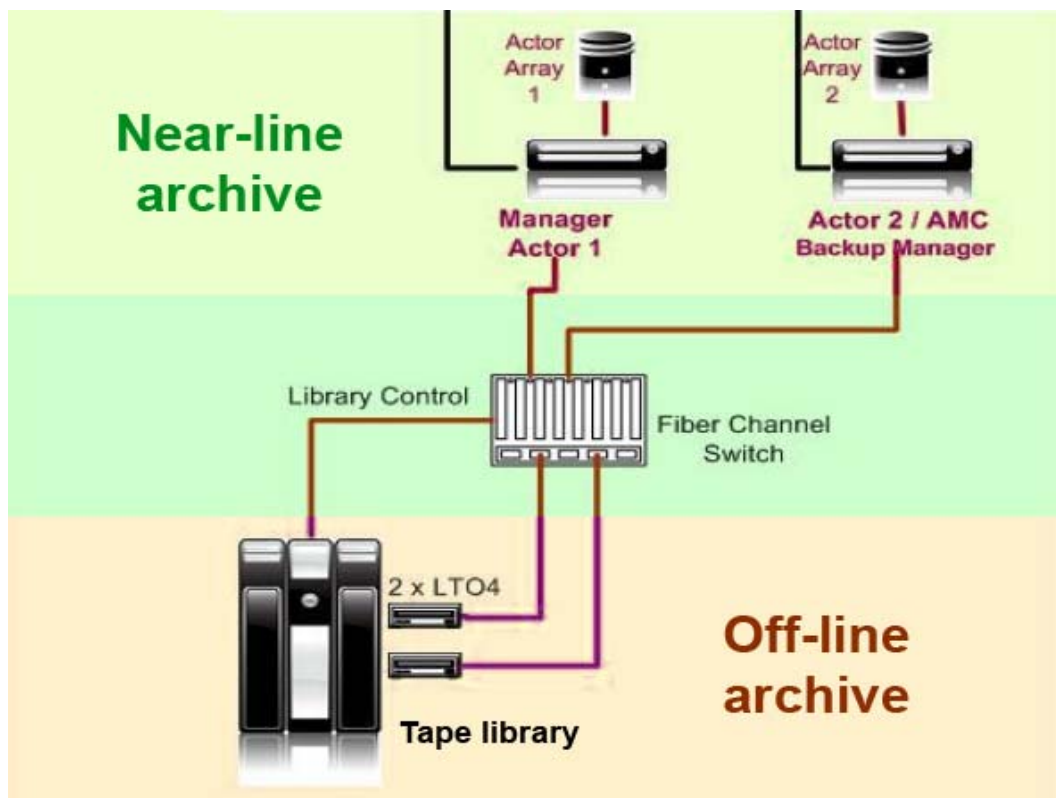
Z potřeby integrace systému MAM s ostatními částmi výrobního a informačního řetězce a také díky existenci značného počtu dodavatelů již hotového systémového řešení je systém MAM vyvíjen zcela nově jen velmi zřídka, většinou jeho řešení vychází z osvědčených postupů, dostupných technologií a požadovaných návazností.

### **6.3.3 Archivační systém**

Zajištění archivace dat souvisí s provedením fyzického úložiště dat. Primárním požadavkem na archivační systém by mělo být zajištění dlouhodobé bezpečnosti dat ve smyslu standardu ISO 14721:2003, tedy systém zajišťující dlouhodobou integritu dat s koncepcí podporující pravidelnou migraci. Archivační systém tak plní funkci bloku „Archival storage“ z koncepčního schémata referenčního modelu OAIS uvedeného v kapitole 6.2. V audiovizuálním průmyslu se však objevují další požadavky plynoucí z provázanosti archivačního systému s výrobou, například potřeba rychlého přístupu k uloženým datům. Vznikla tak například koncepce různých typů fyzických úložišť v rámci jedné architektury spravovaných s ohledem na potřebu frekvence přístupů a požadované přístupové doby. Pro úložiště s okamžitě dostupnými daty se používá označení „on-line archive“, data uložená například na páskových jednotkách, která nemusí být přímo přístupná (je třeba dopravit pásku do mechaniky), jsou pak součástí „off-line“ archivu.

Aby se odlišily součásti archivního systému využívající principy dlouhodobé archivace (např. pravidelnou kontrolu dat), ale složené z technologií s rychlým přístupem k datům (pevné disky), objevil se ještě termín „near-line archive“ (sloučením near on-line). Zkušenosti s archivací obsahu uloženého na páskových nosičích (např. ve formátech Umatic, Betacam SP nebo Digital Betacam), které přetrvávají i několik desítek let, vedou producenty i k budování specifického bezprašného prostředí pro ukládání pásek, případně pořizování obřích robotických páskových knihoven. Další s ochranných opatření pak spočívá ve fyzickém oddělení záložních archivních celků nebo úložišť do separátních budov, aby v případě například živelné katastrofy byla větší pravděpodobnost zachování alespoň jedné kopie. Tyto aktivity jsou většinou přímo úměrné hodnotě, kterou pro instituci archivovaný obsah představuje.





*Příklad konkrétního uspořádání archívu (řešení Front Porch Digital)*

V architektuře archívního systému se uplatňují rovněž ekonomická hlediska, zde velmi záleží na strategii konkrétní instituce, jakým požadavkům dá přednost. Může tak dojít k situaci, že architektura bude upřednostňovat provozní hlediska před požadavky na dlouhodobou bezpečnost nebo náročnost migrace. Produkční potřeby pak mohou ovlivnit i souborový (kompresní, kontejnerový) formát, ve kterém jsou data v archívu uložena, například potřeba rychle dostupných dat pro konkrétní odbavovací systém může vést k použití formátu podporovaného příslušným systémem (např. MPEG IMX). Dalším požadavkem může být archivace v editovatelné produkční formě (např. kontejner AAF obsahující vrstvy se zdrojovými materiály) za účelem snadného vytváření verzí. Díky potřebě kompromisů potom může být audiovizuální obsah zpracováván v rámci archívu odlišně s ohledem na jeho původ a účel. Systémy pro správu archívu mohou uplatňovat automatická pravidla při procesu archivace, takže například určitý typ obsahu (například sestřihy pro účely sebezprezentace instituce) lze archivovat jen po omezenou dobu ve specifické (editovatelné formě). Další variantou je archivace s komplexním kontejnerovým formátu (např. MXF), kde mohou být kromě finálního obsahu uloženy i verze nebo informace vážící se ke zpracování.

U rozsáhlých archívů s delší historií (např. archívy televizních stanic) je zásadním problémem množství archivovaného materiálu. Například digitalizace materiálu z analogových nosičů je časově náročná a nezřídka není dokumentace o uloženém obsahu v optimální podobě, čili je pro instituci obtížné i reálně zhodnotit hodnotu uloženého obsahu a tím spojené priority.

Architektura archívu vzniká v konkrétní situaci na základě zhodnocení archivovaného obsahu a potřeb instituce a odráží i aktuální nabídku a dostupnost technologií. V průběhu digitalizace se tak může stát, že zvolená technologie přestane vyhovovat, nebo se objeví materiál se specifickým potenciálem vyžadující novu formu zacházení (například historicky cenné dokumenty, které je třeba čistit a ukládat v lepší kvalitě). Proto v tomto směru hraje výraznou roli strategie instituce a dlouhodobé plánování, neboť časté revize při budování archívu (nejen v souvislosti s migrací) mohou být v například rozporu s potřebou řešit otázku ve velkých blocích formou výběrového řízení (viz kapitola věnovaná projektování archívu).

#### **6.3.4 Navázané systémy**

Skutečnost, že je archív navázán na výrobu, výrazně ovlivňuje vstupy a výstupy z archívu a provozní potřeby mohou ovlivňovat i samotný způsob správy materiálu. Konkrétní zaměření instituce tak determinuje i využívání specifických výrobních postupů a s nimi spojené potřeby návazností. V kapitole věnované systému MAM jsem uvedl příklady systémů, které mohou být provázané s archívem. Vzhledem k širokému spektru typů audiovizuální produkce a postprodukce není mým cílem poskytnout vyčerpávající výčet možných navázaných systémů, chci jen upozornit na konkrétní případy provázání a jejich možné důsledky z hlediska dlouhodobé archivace. Touto problematikou se zabývám i z hlediska projektování archivních řešení a jejich evaluace (kapitola 7).

Jak již zde bylo napsáno, integrace s konkrétním systémem výroby nebo distribuce přináší specifické požadavky. S příchodem digitálního zpracování došlo zejména k rozvoji produkčních systémů, které nabízejí sdílený přístup k obsahu na centrálních datových úložištích, což přináší značné zefektivnění výroby. Tyto systémy (příkladem mohou být řešení společností Avid, Editshare nebo Apple) disponují často samostatnou správou materiálu a pracují se specifickými souborovými formáty. Tyto

systémy jsou obvykle doplněny o specifický způsob náběru (*ingest*), který již determinuje jak technická metadata, tak i formáty a další doprovodná data (například náhledové obrázky nebo kopii v nižším rozlišení pro účely prohlížení). Příslušný systém správy tak může převzít i roli centrálního systému správy obsahu, který zajišťuje i některé funkce správy archivu (například řešení AVID Interplay, nebo Editshare Flow s rozšířením Ark). Uživatelé potom iniciují archivaci, prohledávání a přístup do archivu prostřednictvím tohoto systému.

Dalším široce používaným systémem, majícím vliv zejména na podobu a rozsah metadat, je zpravodajský redakční nebo produkční systém (*News Production System, NPS*). Do tohoto systému vkládají producenti obsahu důležité informace vážící se k esenci nebo ke kontextu (primární metadata ve smyslu uvedeném v kapitole 4), která slouží pro potřeby zpravodajské výroby a často se stanou součástí dalšího souvisejícího obsahu (například grafiky, textového výstupu pro webovou prezentaci). Informace obsažené v tomto systému tak mají specifickou strukturu a často odkazují na popisovanou esenci nepřímo prostřednictvím řetězce návazností zahrnujícího další systémy (produkční, systém automatizace).

Vzhledem k tomu, že výše zmíněné systémy obvykle disponují samostatnými databázovými řešeními, vzniká při archivaci řada otázek spojených zejména se správou metadat. Synchronizace databází s odlišnou strukturou nebo synchronizace obsahu databáze s metadaty uloženými v příslušném datovém kontejneru (např. MXF) není jednoduchým problémem a její provedení výrazně ovlivňuje jak dlouhodobou bezpečnost uložení (zejména doprovodných) dat, tak i komplikovanost migrace. Vzhledem ke složitosti podobné synchronizace se spíše uplatňují systémy návazností mezi databázemi (pro určité typy informací je jedna databáze primární, materiál je identifikován napříč databázemi prostřednictvím jednotného kódu) a/nebo nadřazeného jednotného rozhraní pro přístup (tento postup uplatňovala například německá stanice ZDF se systémem MAM Blue Order). Při náhradě jednoho z navázaných systémů je potom třeba vyřešit jen migraci dílčího souboru dat a zachování návazností na esenci (identifikátory nebo fyzické odkazy).

Pro řízení přenosu dat a komunikaci mezi systémy se používá tzv. automatizační systém (*automation system*), který zajišťuje nejen přesuny dat, ale i řízení souvisejících technologických celků. S postupným přechodem na výrobu založenou na souborech se uplatňují méně řešení založená na hardware a specifických

řídících protokolech a více klasická IT řešení využívající komunikační standardy (např. formát BXF, viz následující kapitola). Obecně standardizace v oblasti řízení není příliš rozšířená, jelikož výrobci techniky z konkurenčních důvodů používají vlastní protokoly. Příkladem automatizačních řešení jsou produkty společností Aveco, Snell, Pebble Beach, Florical nebo Omnibus).

Na opačném spektru požadavků oproti produkci a postprodukcí stojí distribuce. U digitálních systémů se v tomto směru stále více uplatňují automatické transkódovací systémy, které konvertují obsah do specifického formátu pro distribuci (například na DVD) a mohou být řízeny automatizačním systémem. Specifickou skupinu tvoří archívy spojené s definovanou distribuční platformou, například pro distribuci audiovizuálního obsahu po Internetu (streaming, Video on demand), nebo databanky obrazových nebo zvukových podkladů určené pro produkci. Pokud tyto archívy nejsou spojené s produkcí, mohou pro archivaci používat specifický formát vhodný pro příslušnou formu distribuce a ke správě využít nástroje vyvíjené pro danou oblast (například web CMS, *Content Management System* pro správu obsahu na webu).

### **6.3.5 BXF – Broadcast eXchange format**

V rámci provázanosti a komunikace stojí v této části za zmínku standardizační úsilí ve smyslu sjednocení komunikace mezi jednotlivými částmi produkčního a archívního řetězce. Pro výměnu samotného audiovizuálního obsahu se používají dříve popsané kontejnerové formáty MXF (popřípadě GXF), výměna požadavků a informací o jejich provedení však byla standardizována teprve v roce 2008 pod normou SMPTE 2021. Formát dostal název BXF a jeho použití lze nejlépe vysvětlit na konkrétních příkladech z produkce audiovizuálního obsahu.

Konkrétní operace, například střih, zabezpečují specializované systémy, a jelikož v každé oblasti dominují konkrétní technologie, zřídka se podaří, aby všechny systémy v řetězci byly od stejného dodavatele. Aby veškeré přenosy dat v rámci „výrobní linky“ nemuseli zajišťovat uživatelé, vznikly postupně řídicí nástroje, které koloběh materiálu do značné míry automatizují. To ale znamená, že tyto nástroje musí mít přehled o tom, co se s materiálem děje a musí mít schopnost jednotlivé dílčí systémy řídit, nebo alespoň jim předávat informace.

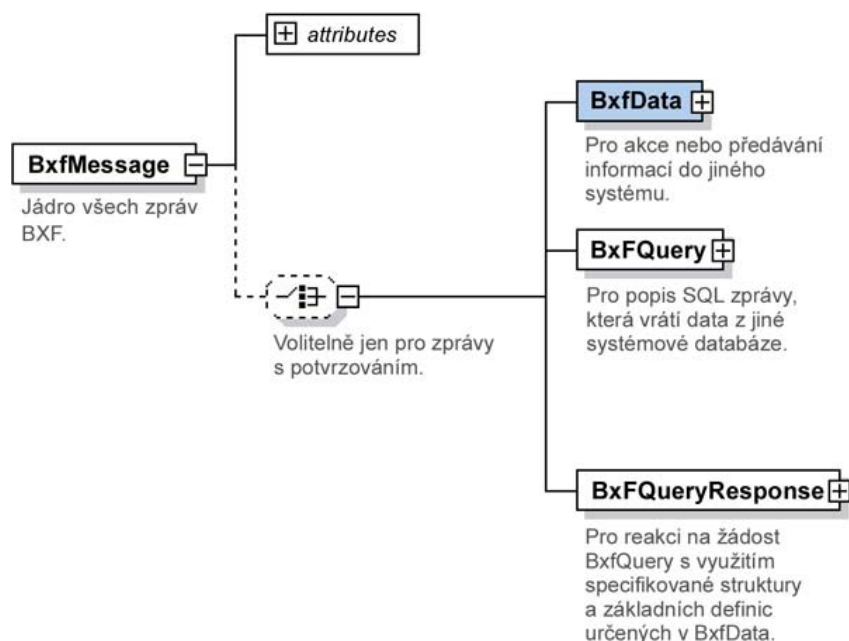
U producenta audiovizuálního obsahu, který vyrábí celé spektrum pořadů včetně zpravodajství, bývá obvykle implementováno několik různých řídicích a informačních systémů. Konkrétně to může být plánovací systém, který dovoluje kompletně plánovat celou výrobu, redakční systém, zajišťující správu příspěvků při zpravodajské výrobě, automatizační systém, který řídí vysílání, a MAM (*Media Asset Management*), systém pro správu veškerého materiálu, případně systém pro archivaci. Jelikož se často jedná o komplikovaná řešení, dalo se v minulosti často považovat za úspěch, že systémy správně řešili svoji část úloh a nevyžadovaly neustálý dohled. Jejich vzájemná komunikace se většinou řešila až po implementaci, nezřídka provizorním způsobem. Docházelo tak například k situaci, kdy plánovací systém nedostával od automatizace informace o konkrétní podobě vysílání (po manuálních zásazích se mírně liší od plánu). Nebo MAM systém neměl informace o stříhových úpravách konkrétního materiálu, ani o jeho přesunu na vysílací server. Tyto nedostatky v celkové architektuře se většinou řeší posíláním proprietárních souborů nebo v horším případě přepisováním dat, ručním aktualizováním informací a pravidelným iniciováním příslušných kroků.

Nově definovaný formát BXF by měl sloužit jako univerzální protokol pro vyvolání požadavků na určité operace, informování o stavu těchto požadavků a předání informací o materiálu, kterého se požadavky týkaly. Jde tedy o snahu zavést do komunikace mezi systémy nějakou jednotnou formu. Za základ posloužil formát XML, a jako transportní mechanismus lze použít jak TC/IP, tak i přímé spojení zařízení po nějaké průmyslové sběrnici. Konkrétní příklad použití komunikace pomocí BXF může vypadat následovně (jedná se o zjednodušený příklad přímo z příslušné normy):

- 1) uživatel plánovacího systému vybere příspěvky pro vysílání (které odbavuje automatizace)
- 2) plánovací systém předá požadavek automatizaci
- 3) automatizace přijme příslušné události
- 4) automatizace události převede na události vysílání (zařadí je do playoutu)

5) z databáze automatizace se načtou informace potřebné pro vysílání (konkrétní časování, médium, server, formát)

6) plánovací systém dostane zpět informaci o aktuálním čase odbavení a reálné délce



*Příklad syntaxe komunikace ve formátu BXF*

#### **6.4 Postup při návrhu a modifikaci systému**

Pokud chápeme archív jako soubor technologií a návazností, které se podílí na plnění archivních funkcí, potom i proces migrace nelze provést bez zohlednění všech návazností. V praxi se tak změna formátu nebo technologie ukládání dotýká řady procesů a proto považuji za relevantní obecně popsat postup při návrhu nebo modifikaci archivního systému. Většina popisů se bude vztahovat k systému pro správu obsahu, jelikož představuje nejkomplexnější součást celého řešení.

Z hlediska novosti lze systémy rozlišit zhruba do tří kategorií, na zcela nově budovaný systém, přestavbu stávajícího systému a inovaci (Vlasák, Bulíčková 2003). U archívů multimediálního systému první varianta nastává zpravidla u nově vzniklých producentů obsahu, zde je projekt nejvíce propojen s technologií výroby, neboť bývá navrhován a budován jako její součást. V tomto případě často projekt vychází ze

systémových návazností hlavní technologie, pokud není systém řešený podle některého z progresivních konceptů (např. *SOA – Service Oriented Architecture*). U nově budovaných systémů je často výběrovým řízením určen generální dodavatel (systémový integrátor) celého řešení, který musí vyřešit řadu komplikovaných otázek spojených s pořizováním, zpracováním a distribucí audiovizuálního obsahu. Proto bývá projekt archívu ovlivněn i volbou výrobců klíčových komponent, v některých případech se projektová činnost omezí jen na výběr jedné z nabízených variant.

U existujících producentů obsahu bývá archív v nějaké formě zaveden, například v České republice musí provozovatel audiovizuálního vysílání podle zákona 231/2001 sbírky o provozování rozhlasového a televizního vysílání uchovávat záznamy všech odvysílaných pořadů nejméně po dobu 30 dnů ode dne jejich vysílání. Nejčastější situací je zde přechod na jinou formu uložení obsahu spojenou se změnou ukládání a přístupu k datům (např. přechod televizní stanice na bezpásmovou výrobu a archivaci dat). Jako určující faktory pro zadání projektu lze v tomto případě považovat způsob financování a právní formu vlastnictví producenta, dále potom důležitost archívu pro výrobu a návratnost investic v neposlední řadě dosavadní zkušenosti s provozem archívu. Právní forma vlastnictví má význam z hlediska role dozorčích orgánů (např. důraz na maximální úspory) nebo s ohledem na povinnost vypisovat výběrové řízení. Pokud management instituce chápe výběrové řízení negativně, lze se mu například dle legislativy v ČR vyhnout rozšířením stávajícího výrobního řetězce o archívní řešení od stejného dodavatele.

Jak již bylo několikrát uvedeno, u digitálních archívů je pravidelná inovace provozní nezbytností vyplývající z potřeby pravidelné migrace archívů na nové nosiče a formáty a také změnou akvizičních formátů. Projekt v tomto případě řeší důsledky těchto změn, a jeho výstup může tvořit součást smlouvy o systémové podpoře s dodavatelem nebo systémovým integrátorem. V určitých případech může dojít k situaci, že v průběhu přípravy projektu dojde ke zjištění okolností, které vedou na změnu typu projektu. Příkladem může být inovace, která zavádí nové postupy nebo datové formáty a vyžádá si tak rozsáhlejší změny (viz zmínka o rozsáhlých archivech v kapitole 6.3.4) V tomto případě je vhodné provést revizi východisek zadání.

V případě producentů audiovizuálního obsahu, kteří jsou zpravidla provozovateli systému MAM, vychází osazení výše uvedených kategorie ze

specifické situace dané charakterem audiovizuální výroby. Zadavatel zde musí vyřešit zásadní otázku, zda projektant bude řešit celý systém MAM jako celek, nebo jednotlivé části (např. v rámci SOA) budou řešit různí projektanti. Druhá varianta bývá spíše výjimkou a souvisí s případem, kdy dílčí systémy (například redakční systém, systém na plánování výroby) plní řadu funkcí MAM a požadované je pouze sjednocení a doplnění dílčích funkcionalit (například prostřednictvím webového rozhraní). V tomto případě nemůže jediný subjekt převzít zodpovědnost za funkci všech částí systémů a vzniká tak potřeba koordinátora, který dohlíží na splnění funkcí jednotlivých součástí. Toto bývá osoba zodpovědná za vedení projektu na straně provozovatele.

Výběr projektanta souvisí s typem projektu a východisky zadání, často je velmi ovlivněn návaznými komponentami a celkovým charakterem výroby (viz předchozí kapitoly). Roli projektanta bývá dočasně obsazována zaměstnancem (zaměstnanci) provozovatele nebo kooperantem (případně externím posuzovatelem projektu) pro předprojektovou přípravu (např. výběrového řízení) a specifikaci projektového úkolu. Zejména ve druhém případě tato praxe může vést k špatně nastaveným výchozím podmínkám, pokud není stanovena odpovědnost dočasného projektanta i v dalších etapách projektu případně nezůstanou otevřené cesty pro změnu těchto výchozích podmínek. Podle legislativy platné v ČR (Zákon č. 417/2009 Sb.) je například projekt vzešlý z veřejného výběrového řízení závazný, což platí, i pokud vznikl na základě špatného zadání.

#### **6.4.1 Výchozí faktory ovlivňující budování archívu a MAM**

Hlavním úkolem předprojektové přípravy systému vymezeného v předchozích kapitolách je vytvořit podmínky pro vytvoření projektového úkolu. Nezbytným předpokladem je stanovení cílů celého procesu, určení priorit a zasazení projektu do strategie rozvoje organizace/firmy. Dále je třeba definovat a kvantifikovat předpokládané přínosy implementace řešení, aby bylo možné projekt následně vyhodnotit. Zanedbání odhadu rizik může vést až k zastavení nebo zrušení projektu, kde například zpoždění dodávky komponent může v rychle se rozvíjející oblasti audiovizuální produkce znamenat změnu výchozí situace (způsob výroby).

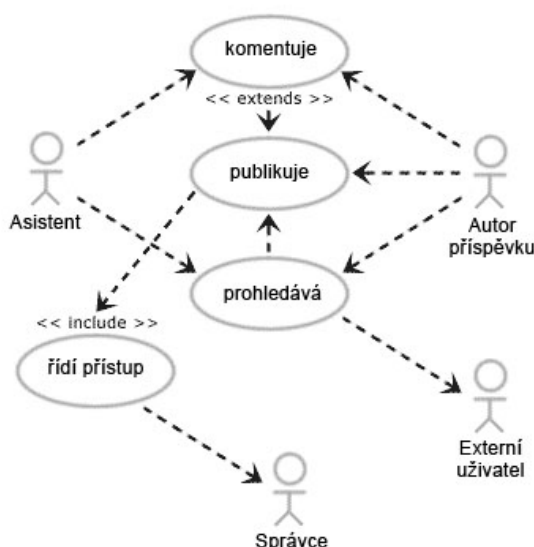


Prvním krokem v předprojektové přípravě je analýza výchozího stavu. Tento krok bývá často podceňován, což vede k obtížím při implementaci nového řešení. Nezbytnou součástí analýzy je kromě verifikace dokumentace celků navazujících na plánovaný projekt (např. zpravodajský redakční systém) i popis používaných datových formátů včetně dataflow a aktuálního workflow. Vzhledem k povaze produkce audiovizuálního materiálu patří k důležitým operacím rovněž stanovení kapacit i s ohledem na budoucí rozvoj a zároveň priorit v budování jednotlivých celků.

Audiovizuální data mají nezanedbatelné velikosti, a proto musí být zřejmé, s jakými objemy materiálu (např. v hodinách v definovaném formátu) musí řešitel počítat. Vstupní analýza také dovoluje provozovateli určit primární skupiny uživatelů, jejichž požadavky jsou pro nový systém klíčové. Jak již jsem zmínil, definice typu a stavu archivovaného materiálu může být zejména v případě objemných archívu s nedostatečnou dokumentací značně komplikovaná a může si vyžádat samostatný přípravný projekt. Cíle projektu archivního systému by měly reagovat na reálnou situaci a měly by odrážet reálné technické možnosti. Proto je třeba provést i analýzu dostupných řešení, nejlépe s maximálním důrazem na jejich reálné fungování. Řada systémových integrátorů má ve smlouvách se zadavateli, že může svá řešení za definovaných podmínek používat jako referenci a pro demonstrační účely a proto umožňuje budoucím zákazníkům návštěvu přímo v provozech. Je rovněž vhodné sledovat světové trendy, což vyžaduje konzultaci s experty a návštěvy veletrhů, zde pomáhají i případové studie a obecné popisy projektů (*White papers*) publikované řešiteli projektů. Knihovnu popisů řešení lze nalézt například na adrese <http://www.bitpipe.com/>.

Vytvoření hypotetického řešení s sebou nese určitá rizika. Na jedné straně je popis budoucího systému důležitým podkladem pro stanovení rozsahu projektu a vyčlenění potřebných zdrojů, na druhou stranu představa konkrétního řešení může velmi zúžit zadání a ve svém důsledku vyloučit varianty, které by požadavky zadavatele mohli splnit lépe. Zde je vhodné vytvořit koncept řešení popsaný funkčními/uživatelskými požadavky a technologickými návaznostmi, raději než konkrétními technologickými parametry. Jedním z vhodných způsobů je popis procesů a interakcí s uživateli, nejlépe s použitím nějakého standardizovaného

nástroje typu OMG BPMN nebo případů užití (*Use cases*) jazyka UML. Tento postup se nevztahuje na popis technologických omezení daných infrastrukturou nebo návaznostmi, které zadavatel nemá v úmyslu měnit, zde musí být popis naopak technicky přesný. Náklady na obecně popsany systém lze zjistit pomocí srovnání s již realizovanými řešeními, i když to s sebou nese jisté potíže. V každém případě by měl být v této fázi definován typ projektu.



*Příklad interakce uživatele popsaného jako případ užití v jazyce UML*

Určení základního rozsahu projektu ve smyslu vyčlenění lidských a hmotných zdrojů a definice mandátu klíčových osob zadavatele se odvíjí od hypotetického řešení. Mandátem rozumím pravomoci směrem k externím subjektům (např. pro zpracování předprojektové přípravy) a směrem k zadavateli a provozovateli (např. vztah k interním pracovníkům pro sběr informací, stanovení rámce a návaznosti). Ačkoli mandáty bývají stanoveny v rámci organizační struktury, je vhodné je specificky definovat pro daný projekt. Bez ohledu na případného externího řešitele projektu je třeba stanovit osobu zodpovědnou za vedení projektu na straně provozovatele.

Po schválení projektu bývá, zvláště ve větších institucích/firmách, užitečné spustit informační kampaň o plánovaném projektu. Jde zejména o vysvětlení přínosů nového řešení a získání podpory uživatelů, kterých se změny budou týkat. Pokud

zaměstnanci z jakéhokoli důvodu odmítnou plánovaný systém, může to velmi negativně ovlivnit některé procesy, například customizaci rozhraní.

Jak již bylo uvedeno, tato fáze s sebou nese značná rizika například díky důsledkům spojeným s možným legislativním omezením vztahu projektant – zadavatel při veřejném výběrovém řízení. Špatně definovaný projektový úkol znamená méně kvalitní výsledky projektu nebo potřebu navýšení nákladů na projekt i bez těchto omezení. Projektový úkol vychází z předprojektové přípravy a v případě systému MAM zpravidla obsahuje:

- Popis hlavního cíle a rozsah projektu
- Aktuální stav a popis návazných systémů
- Omezení vyplývající s existujícími formáty a infrastrukturou
- Funkční a uživatelské požadavky na systém
- Kapacitní požadavky na systém
- Požadovaná spolehlivost systému
- Požadované zabezpečení přístupu
- Požadovaná prostorová a časová specifika implementace
- Požadavky na řešitele (vyplývá z požadovaného rozsahu činností)
- Požadavky na zpracování projektové dokumentace, harmonogramu realizace

Požadavek na provozní dobu a spolehlivost systémů popisuje dobu, po kterou bude systém v provozu (např. 24/7) a určuje chování systému v případě poruchy jeho součástí. U nepřetržitých provozů tak v případě poruchy klíčových komponent musí být připravená náhradní cesta například přes redundantní komponenty, které zajistí potřebné funkce. Pro stanovení reálné využitelnosti pro provoz se vychází z provozní doby, po kterou je systém skutečně přístupný uživateli, tzn. neprobíhá provozní odstávka nebo odstranění poruch. Pro tuto hodnotu se používá označení

dostupnost systému (*System Availability*), uvádí se v procentech a vypočítá se z následujícího vzorce:

$$DS = \frac{T_{\text{upr}}}{T_{\text{max}}} \times 100$$

Kde:

$T_{\text{max}}$  je maximální využitelná denní doba v rámci typu provozu

$T_{\text{upr}}$  je reálná průměrná denní dostupnost po odečtení odstávek a poruch

Výpočet není exaktní a závisí na definici doby, za kterou se počítá průměrná denní dostupnost. U náročných provozů však může být požadavek na konkrétní hodnotu dostupnosti (např. 99,9%) součástí projektového úkolu, a její splnění potom vede při návrhu na zvýšení redundance systému a tím i j nárůstu jeho ceny. V některých případech zadavatel přímo stanoví požadavek na redundanci klíčových komponent, tím ale znemožňuje řešiteli použít alternativní řešení.

Projektový úkol musí být zpracován tak, aby šlo vyhodnotit jeho splnění pomocí dílčích, nejlépe kvantifikovatelných kritérií. Tento požadavek je nejsilnější u výběrových řízení, kde probíhá vyhodnocení stanovených parametrů plnění projektového úkolu řešitelem ještě před započatím jeho realizace. Určení a vyvážení těchto parametrů je velmi komplikované a neobejde se bez definice mandatorních požadavků, jejichž splnění je vstupním předpokladem pro další posuzování projektu.

V praxi se bohužel stává, že se mezi mandatorními požadavky objevuje i shoda s konkrétním technickým řešením nebo dokonce definovaným typem technologie (např. zařízení X od výrobce Y) bez zjevného zvodnění pro fungování systému. Tento přístup řešitele značně omezuje při projektování systému. Na druhou stranu takto může zadavatel vyloučit technologie nebo postupy, o které nemá z nějakého důvodu zájem, ale které by mohly ve výběrovém řízení uspět například díky jejich ceně. Často

provozovatel nucen na základě rozhodnutí majitele, managementu nebo okolnosti preferovat výběrové řízení, kde hlavním, nebo jediným kritériem je cena navrhovaného řešení.

Pokud je zadání určené pro externí subjekty (vzhledem k zadavateli), lze jako jeho součást požadovat ještě složení jistiny, návrh smlouvy, doložení kvalifikačních předpokladů a ověřené referenční projekty obdobného charakteru. V případě veřejné soutěže potom zadání upřesňuje formu odpovědi od řešitele (co má obsahovat a jak má být detailní dokumentace navrhovaného řešení) a zda připouští variantní řešení. S ohledem na rychlý rozvoj informačních technologií lze pokládat za další kritický parametr časové hledisko. Zpracování projektového úkolu je časově náročné, stejně tak zpracování kvalifikované reakce, což oddaluje implementaci a roste riziko změny výchozích podmínek zadání. Na druhou stranu krátké lhůty vedou k použití již hotových postupů, které nemusí nutně být pro provozovatele optimální. Zde je opět vhodné sledovat případové studie, které často uvádějí i čas potřebný na přípravu a realizaci konkrétního řešení.

### **6.5 Postup řešení**

Jak již bylo zmíněno v kapitole 6.2, u systému MAM v oblasti správy audiovizuálních položek dochází velmi zřídka k návrhu celého systému. Hlavním úkolem řešitele je tedy nalézt vhodný existující systém, ten propojit s navazujícími systémy, provést customizaci rozhraní případně navrhnout nové společné rozhraní dílčích systémů (viz kapitola 5.3.4). Pokud se řešitel neúčastnil vytváření projektového úkolu, musí začít pochopením aktuálního stavu, cílů zadavatele a daných omezení. Záleží na postavení řešitele, zda může provést samostatnou analýzu stavu, nebo zda musí vycházet jen z projektového úkolu. V každém případě musí dojít k analýze projektového úkolu a konzultace sporných míst se zadavatelem. I sebepečlivěji připravovaný projektový úkol může obsahovat rozpory nebo nepřesné údaje. I v procesu veřejného výběrového řízení podle v ČR platné legislativy (Zákon č. 417/2009 Sb.) je stanoven proces kladení dotazů, zadavatel má možnost v průběhu reagovat a případně měnit zadávací dokumentaci.

Pro výběr nejvhodnějšího řešení je třeba stanovit klíčové faktory vyplývající z projektového úkolu:

- Omezení dané vlastnostmi návazných systémů a infrastruktury – vstupní a výstupní rozhraní, datové formáty, propustnosti sítí
- Provozní faktory dané aktuálním způsobem výroby – identifikace postupů, které není vhodné měnit a které ovlivňují funkcionalitu systému, dostupnost a spolehlivost systému, požadavky na řešení havarijních situací
- Požadavky uživatelské rozhraní systému – počty uživatelů, jejich struktura, plánovaný způsob práce, zabezpečení přístupu
- Požadavky na správu systému – zda je požadovaná vzdálená správa, způsoby údržby a upgrade
- Omezení plynoucí ze smluv s dodavateli systémů a ze situace na trhu

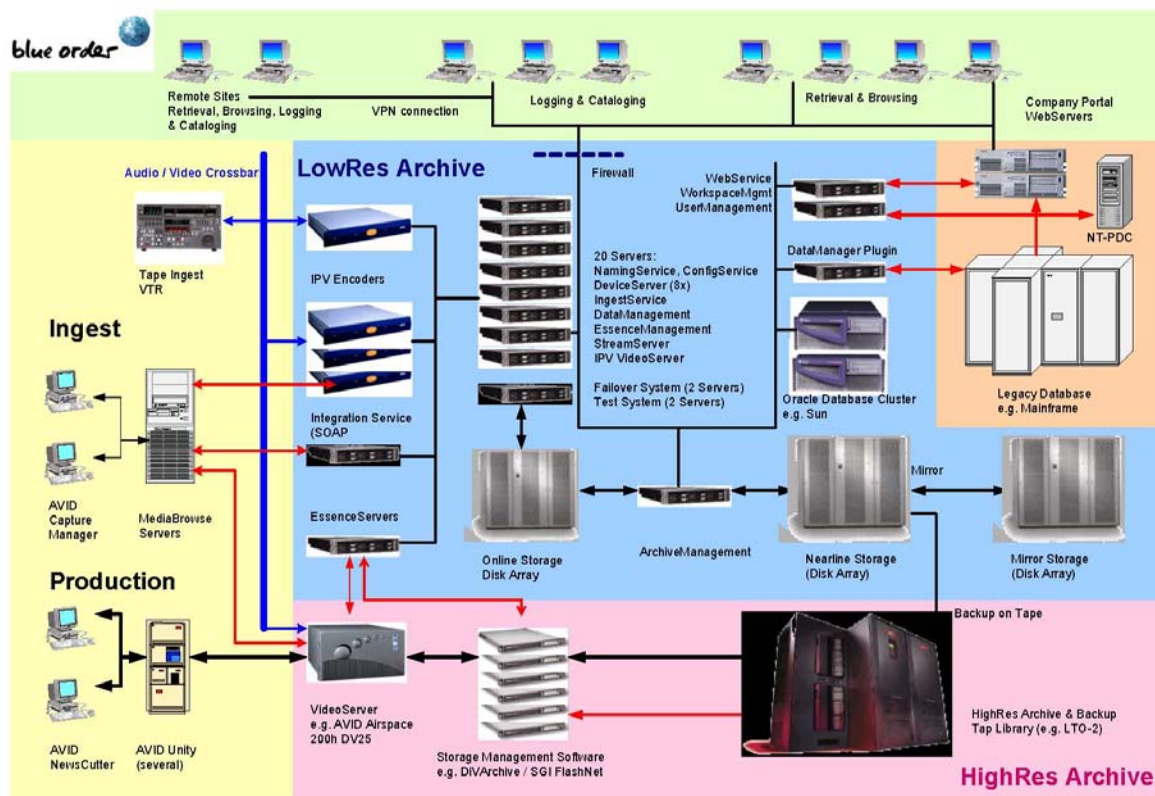
Poslední ze zmíněných faktorů má často významný vliv na volbu řešení, neboť někteří výrobci podporují jen návazné systémy určitých dodavatelů. V ideálním případě by měl například dodavatel produkčního serverového řešení podporovat standardizované datové formáty, poskytnout informace o řídicích protokolech a vlastnostech rozhraní.

V praxi se však mohou lišit proklamované parametry od reálných a dodavatelé také omezují systémovou podporu svých zařízení na definované situace. Pokud tedy provozovatel pracuje s redakčním systémem A, který spolupracuje s automatizačním vysílacím systémem B a archivním řešením C, tato kombinace velmi ovlivňuje volbu systému MAM, který má návaznost na všechny výše zmiňované systémy. Vzhledem k velkému množství variant a provedení návazných systémů jsou ale řešení systému MAM velmi otevřená. U všech požadavků na systém je dále třeba stanovit jejich prioritu, jelikož je pravděpodobné, že nebude možné uspokojit všechny. Stanovování priorit je komplikovaný a svým způsobem politický proces, některé požadavky lze totiž obejít nebo změnit v průběhu implementace (např. přesvědčit zadavatele o jejich neoprávněnosti či nevýhodnosti).

### 6.5.1 Výběr komponent

Po výběru řešení od konkrétního výrobce nastává klíčová fáze detailního výběru komponent a jejich zapojení, vyřešení návazností a postupu implementace. Tato fáze vyžaduje těsnou součinnost řešitele s výrobcí systému případně jednotlivých subsystémů nebo komponent. Stále se vedou spory o to, zda je výhodnější nechat tuto část projektu řešit výrobce řešení, nebo tuto roli svěřit systémovému integrátorovi. Výrobce řešení má nejvyšší znalosti o svém systému, systémový integrátor ale může navrhnout alternativní postupy a má jiné postavení směrem k výrobcům návazných systémů.

V případě již vyvinutého řešení odpadá fáze dekompozice systému na funkční části, jelikož ty jsou již definované. Postupuje se obvykle od řešení hlavních požadavků a limitujících faktorů směrem k požadavkům s nižší prioritou. Tento proces je cyklický, neboť v průběhu řešení nemusí jít některý z podstatných parametrů splnit, což vede ke změně některých komponent a tím i chování systému. Řešitel musí brát v úvahu i možný vývoj systému, technickou podporu komponent a trendy ve vývoji. Nejprve se navrhuje celková bloková struktura a chování systému, postupuje se směrem k detailnějšímu zapojení jednotlivých funkčních částí. V závěru se řeší nastavení komponent a jejich chování směrem k uživateli. Z blokové struktury je také možné vytvořit ideové schéma, které zadavateli a dalším účastníkům projektu přiblíží celkovou koncepci řešení, členění do celků a provedení hlavních komponent.



*Příklad ideového schématu řešení MAM systému společnosti BlueOrder*

Navrhované řešení musí definovat testovací fázi, měřitelné parametry a kritéria pro přechod z testovací fáze do ostrého provozu. Audiovizuální produkce je zejména u distribuce formou nepřetržitého vysílání extrémně citlivá na možné intervence a výpadky, a ačkoli se systém MAM výrobě přímo nepodílí, může díky návaznostem způsobit poruchy nebo zapříčinit chyby. Proto musí být testovací provoz velmi dobře navržen, aby bylo možné postihnout co nejširší rozsah fungování všech komponent. Zejména při customizaci se testování provádí již v raných stádiích implementace a proto je potřeba výstupy testů řádně dokumentovat a hlavně předem stanovit metodiku testování a vyhodnocování výsledků. Systém je třeba vystavit postupnému nárůstu zatížení tak, aby během zkušebního provozu dosáhlo využití systému plánovaného provozního stavu. U komplexních systémů se plánuje implementace a testování ve fázích po jednotlivých funkčních celcích, součástí prováděcího projektu je potom popis návaznosti a výstupů jednotlivých fází a jejich vztah k funkčnímu celku (například nelze přistoupit k budování indexovacího systému bez zprovoznění databázového serveru).



### 6.5.2 Výběr formátu pro archivaci

Formáty a datovými nosiči se podrobně zabývám v předchozích kapitolách. Jelikož formát analogových nosičů (např. Betacam SP) v minulosti zásadním způsobem ovlivňoval podobu archívu, bývá otázce volby formátu vhodného pro archivaci věnována značná pozornost, a hrozí tak i přecenění významu konkrétních parametrů bez zohlednění širších aspektů. Při výběru formátu pro archivaci je však třeba zohlednit řadu hledisek, která úzce souvisí s cíli a prioritami instituce a zejména s dlouhodobou strategií. Potřeba migrace se zde střetává s potřebou omezit ztrátu informací na minimum, ke které při migraci kompresních formátů zákonitě dochází. V praxi se zohledňují i ekonomické a provozní faktory, každé kódování z formátu do formátu s sebou nese investici, byť i jen v podobě zatížení výpočetní a datové kapacity. Výběr formátu by se tak měl přesunout do roviny strategického plánování a být řešen v širším kontextu, vždy však bude spojen s určitým kompromisem (Austerberry, 2010).

### 6.5.3 Dokumentace

Forma a zpracování technické dokumentace musí odpovídat požadavkům provozovatele, nejlépe definované v projektovém úkolu (kapitola 6). Její užívání a vedení dále probíhá v souladu s vnitřními předpisy provozovatele. Například pokud má provozovatel zavedený systém řízení jakosti podle ČSN ISO 9001:2008, zavádí se dokumentace do jeho systému správy. Existuje několik typů dokumentace, v případě systému MAM jsou to zejména:

- Uživatelská dokumentace – návody, provozní příručky, on-line nápověda
- Technická dokumentace – instalační a servisní manuály, seznamy hlášení systému, schémata zapojení, kabelové knihy, technické specifikace zařízení, signálů a datových formátů
- Bezpečnostní dokumentace – správa hesel, popis havarijních situací a jejich řešení, informace o obnovení systému ze záloh

- Administrativní dokumentace – seznamy předaných a účtovaných položek, předávací protokoly, výkazy práce

Členění na uživatelskou a technickou dokumentaci vychází z definice uživatele a správce systému. Technická dokumentace předpokládá znalost fungování systému nebo jeho komponent a její rozsah a forma vychází z nastavení rolí u systémové podpory. Pokud roli správce systému plně přebírá dodavatel (řešitel projektu), může být technická dokumentace velmi omezená. Tento přístup s sebou nese riziko, že v případě rozvázání smluvního vztahu (na systémovou podporu) roli správce obtížně převezme jiný subjekt. Poskytnutí kompletní technické dokumentace provozovateli snižuje konkurenční výhodu konkrétního dodavatele (systémového integrátora), proto se tomuto kroku dodavatelé mohou mít tendenci vyhnout.

Elektronické nástroje na návrh projektů (viz kapitola 8) dnes disponují exporty do řady formátů, které zjednodušují tvorbu dokumentace. Jelikož se u komplexních audiovizuálních systémů stále více používají integrované nástroje na jejich správu, je vhodné do nich projektovou dokumentaci zintegrovat. Příkladem takového systému může být Dataminer od společnosti Skyline (<http://www.skyline.be>). Dataminer vyhodnocuje chování jednotlivých SW a HW komponent v systému a případě jejich špatné funkce informuje technický dohled. Součástí Datamineru je nejen celkové zapojení, dataflow a definice správné a hraniční funkcionality, ale i dokumentace jednotlivým komponentám, informace o jejich fyzickém umístění, provedení a sériovém čísle, kabelové knihy, historie údržby a servisních oprav. Výhodou je snadná dostupnost a jednotná evidence, řešitel ale musí s touto eventualitou počítat.

## 7 Evaluace archívu

Hodnocení kvality archívu, nebo konkrétněji měření, zda bude schopen dlouhodobě plnit svoji funkci, bylo v minulosti spojováno zejména se způsobem uchování archivovaných objektů. Pokud přijmeme fakt, že v případě dat v digitální podobě souvisí dlouhodobé uchování archivovaných objektů spíše s celkovou strategií instituce, než s aktuální metodikou, je třeba pojem hodnocení kvality nejprve definovat, respektive určit, jaké parametry nebo hodnoty se měří. Již před publikováním a následnou standardizací referenčního modelu OAIS vznikl pojem důvěryhodnosti, respektive důvěryhodných (*Trustworthy*) archívů. Na této důvěryhodnosti v širším slova smyslu totiž spočívá fungování řady archívních institucí, jejichž vztahy s poskytovateli obsahu jsou založeny i na skutečnosti, že jsou schopny archivovaný obsah bezpečně uchovat. Ačkoli je „důvěryhodnost“ abstraktní pojem, lze jej přijmout jako způsob označení, který vypovídá o řadě různých faktorů spojených se schopností instituce plnit svoji funkci. Takto vymezená důvěryhodnost je relevantní zejména u institucí provozujících sběrné archívy, které mají uchovávání dat jako hlavní náplň. Pojem celkové důvěryhodnosti archívu tak umožňuje komplexní hodnocení a abstrahuje od hodnocení konkrétních postupů, kde může být zodpovědnost přesouvána na dodavatele jednotlivých technologií nebo technologických celků.

Ačkoli výrobci občas zejména u médií uvádějí trvanlivost uložených dat v řádu desítek let, dodavatel většinou negarantuje podporu systému v horizontu delším než pět let. V praxi to znamená, že ačkoli nejsou bezprostředně ohrožena data na nosičích, schopnost uživatele k nim přistupovat a restaurovat je do požadované podoby může být ohrožena například porušením systému správy médií nebo poruchou některé z navázaných technologií, která již nemá alternativu použitelnou v daném řetězci. V důsledku tedy instituce jako celek neplní svoji funkci, ačkoli v konkrétním čase může používat optimální postup nebo technologii.

Z výše uvedených důvodů se s příchodem referenčního modelu OAIS a jeho standardizací otázka důvěryhodnosti posunula do roviny zkoumání, jakým způsobem zhodnotit, zda archív dodržuje principy a strategie obecně popsané ve standardu OAIS. V tomto směru je tedy testování důvěryhodnosti ve smyslu shody se standardem ISO 14721:2003 spojeno s otázkou, nakolik mohou mít odlišnosti ve

způsobu fungování archívu spojené například s propojením s produkcí či distribucí dat vliv na měřitelnost konkrétních parametrů.

Situace v produkčních archívech přímo navázaných na výrobu může například vést k obtížnějšímu vymezení hodnocených celků a s tím spojených zodpovědností. Pokud tvoří produkce a archivace jednu organizaci (tj. jejich vztahy nejsou upravovány smluvně), jsou zodpovědnosti rozprostřeny na jednotlivé organizační části, případně jednotlivce. Lišit se mohou i motivace a priority, otázka dlouhodobého zabezpečení dat tak může být řešena na různých úrovních různě, jednotlivé postupy nemusí být jako celek v souladu a v důsledku tak představovat vhodnou strategii. Příkladem může být situace, kdy se organizační jednotka spravující fyzické ukládání materiálu zabývá co nejbezpečnějším uložením esence a přístup k tomuto úložišti je řízen v návaznosti na systém MAM. Tento systém však může spravovat jiná organizační jednotka, pro niž není dlouhodobá bezpečnost „nepoužívaných“ metadat prioritou, na úrovni celku se však tato část jeví jako zabezpečená. Pokud dojde k ztrátě určitých dat či návazností obsažených v databázi MAM například při přechodu na jiný systém (migrací na jinou strukturu), může to znamenat, že řada metadat bude ztracena a tím bude ochuzena i funkce samotného archívu.

Otázka důvěryhodnosti audiovizuálního archívu je tedy poměrně komplexní a souvisí s vymezením posuzovaných funkčních celků a také s procesem, kdo a za jakým cílem kvalitu dlouhodobé archivace posuzuje. Vzhledem ke skutečnosti, že standard ISO 14721:2003 je zatím jedinou všeobecně uznávanou referencí pro architekturu dlouhodobého digitálního archívu, i přes výše zmíněné odlišnosti považuji sledování shody s tímto standardem za vhodný výchozí bod pro hodnocení audiovizuálních archívů. V další části nabízím přehled jednotlivých metod hodnocení důvěryhodnosti obecného archívu vycházející z výše uvedeného standardu, hodnocení jejich použitelnosti pro produkční archivy audiovizuálních dat a dále návrh možných modifikací užívaných postupů, které se pro danou oblast jeví jako nejvhodnější (Získal et al., 2009). Vytvoření vlastního postupu hodnocení archívu, který by na jedné straně zohledňoval specifika archívů v audiovizuálním průmyslu a zároveň odpovídal požadavkům standardu ISO 14721:2003 je úkol přesahující možnosti jednotlivce zejména s ohledem na různorodé zájmy provozovatelů těchto archívů a odlišné názory jednotlivých profesních skupin. Ve svých závěrech se omezím na

srovnání východisek, terminologie a identifikaci problémů, spojených s aplikací metod hodnocení důvěryhodnosti na archívy v audiovizuálním průmyslu.

### **7.1 *Přehled metod hodnocení důvěryhodnosti archívu vycházející ze standardu ISO 14721:2003***

Vzhledem ke komplexnosti a zároveň obecnosti standardu ISO 14721:2003 není vyhodnocení shody s tímto standardem jednoduchou záležitostí. Jinými slovy označení, že konkrétní instituce pracuje ve shodě s tímto standardem, nebo ho beze zbytku implementovala, není jednoduše ověřitelné jen s použitím textu standardu. Rovněž není k dispozici jasně definovaný proces vyhodnocení a certifikování této shody a zároveň není stanoveno, kdo této shodu stvrzuje. Není tedy k dispozici jednoznačný nástroj obdobný například certifikaci podle standardu ISO 9001:2008, který by vedl k možnosti jasně definovat shodu se standardem ISO 14721:2003. Proto se různé subjekty již relativně krátce po publikování standardu začaly zabývat vytváření postupů pro hodnocení archívu vycházejících ze standardu ISO 14721:2003 aplikovatelných na obecný digitální archív, vzhledem k potřebě obecného použití jsou tyto metody označovány jako audity, případně hodnocení důvěryhodnosti. Následující výčet není úplný, zahrnuje v literatuře nejvíce citované metody seřazené podle data jejich publikování. U metod neuvádím konkrétní autory, jen subjekty (organizace, centra, profesní sdružení), některé subjekty se podílely na vytvoření více metod.

V roce 2003 dvě významné skupiny, Research Libraries Group (RLG) a National Archives and Records Administration (NARA), spojily síly při práci na vytvoření systému certifikace pojatému jako souhrn kritérií, u nichž se vyhodnocuje shoda (check-list). První verze jejich dokumentu Draft Audit Check-list (RLG & NARA, 2005) byla uveřejněna k připomínkám v roce 2005. Další důležitou společnou aktivitu vyvíjely organizace Centre for Research libraries (CLR) a Digital Curation Centre, svůj návrh postupu hodnocení nazvaný “Pilot Repository Audits” publikovaly v roce 2006. Cestou soupisu kritérií se vydala i skupina převážně německých subjektů pod názvem NESTOR (*Network of Expertise in long-term STORage*) a v témže roce publikuje první verzi svého “Catalogue of Criteria for Trusted Digital Repositories”. Obdobně podobný přístup vedl k vytvoření “Trustworthy Repositories Audit & Certification (TRAC) Criteria and Check-list”, za nímž stálo opět CRL, tentokrát ve

spolupráci Online Computer Library Centre (OCLC). Mezi dalšími metodami pak stojí za zmínku zejména metoda založená na hodnocení rizik publikovaná pod názvem Digital Repository Audit Method Based on Risk Assessment (DRAMBORA), za níž stojí Digital Preservation Europe (DPE) spolu s organizací DCC.

Jedním z cílů výše uvedených metod je i určitá forma certifikace, tedy způsob, jak viditelně odlišit instituce aplikující postupy vhodné pro dlouhodobou archivaci od těch „méně důvěryhodných“. Při komplikovanosti hodnocení důvěryhodnosti se jedná o velmi citlivou otázku, neboť například nevhodně nebo neadekvátně zvolená metodika testování důvěryhodnosti může v očích veřejnosti diskriminovat instituce, které mohou svoji roli plnit dobře. Z hlediska uživatelů a partnerů je ovšem existence podobného certifikátu velmi žádoucí, protože výrazně zmírňuje potřebu vlastního a nevyhnutelně dílčího vyhodnocení postupů, které archivní instituce používá (v audiovizuální oblasti může být oním dílčím kritériem například typ nosičů a formát dat pro archivaci). Z existence různých metod hodnocení důvěryhodnosti rovněž vyplývá existence různých forem „certifikace“, která je nutně spjata s použitou metodologií a nemá dosud standardizovanou podobu. V dokumentaci k různým postupům hodnocení důvěryhodnosti se certifikace rovněž zmiňuje, například výše uvedený TRAC má certifikaci přímo v názvu.

Dosud se také žádná z výše uvedených metod nestala všeobecně preferovaným postupem nebo mezinárodním (ISO) standardem, ačkoliv proces sjednocení přístupu a ISO certifikace byl již zahájen a byla také ustavena příslušná BOF (*Birds of a Feather*) pracovní skupina. Tento proces je veden zejména skupinami RLG a NARA s přispěním sítě NESTOR a dalších subjektů a pravděpodobně povede k standardizovanému postupu pro hodnocení důvěryhodnosti obecných digitálních archivů.

## ***7.2 Srovnání metod hodnocení důvěryhodnosti archívu z hlediska jejich použitelnosti pro produkční archívy***

Obecně může mít instituce zabývající se dlouhodobou archivací obsahu v digitální podobě mnoho podob jak v oblasti organizačního uspořádání, řízení,

postupů a rozsahu zajišťovaných činností. Standard ISO 14721:2003 je proto dostatečně obecný a podobná míra obecnosti musí být zachována i v testování (auditu) důvěryhodnosti. Metody uvedené v odstavci 7.1 jsou proto navrženy tak, aby byly aplikovatelné na různé typy archívů a mohl je realizovat subjekt (auditor) jak interní, tak externí ve vztahu k auditované instituci. Hodnocení se zabývá obvykle organizační stránkou, správou digitálních objektů a technickou infrastrukturou z pohledu jejich vhodnosti pro plnění zajištění dlouhodobého uchování dat. Z toho pohledu se využívají nejen doporučení standardu ISO 14721:2003, ale vycházejí i z doporučení například metod řízení jakosti podle standardu ISO9001, bezpečnosti dat podle standardu ISO 17799:2005 nebo řízení záznamů podle standardu ISO 15489-2:2001 (OCLR, RLG, 2007).

Většina popsaných metod využívá seznam požadavků (kritérií), u nichž se vyhodnocuje míra, v jaké je hodnocený archív plní. Požadavky jsou formulovány slovně a obsahují obvykle základní definici, detailnější vysvětlení a příklady plnění. Příkladem základního vymezení požadavku může být: „5. Je prováděno adekvátní řízení jakosti“ (NESTOR, 2006), detailnější vysvětlení popisuje, jaké funkce řízení kvality plní a v příkladech je uvedený systém řízení jakosti podle ISO 9001:2008 nebo konkrétní publikace (Ibid). Jelikož tyto metody vychází ze stejného standardu, kritéria (požadavky) jsou často obdobné a jednotlivé pracovní skupiny se navzájem ovlivňují nebo sdílí některé odborníky. Pro potřeby zdokonalování nebo srovnání metod bylo provedeno i mapování kritérií napříč metodami, viz níže uvedený příklad. Dokumentace se tak především liší v členění a detailnosti jednotlivých kritérií, základní koncepce je shodná.

CRL-RLG-NARA	NESTOR	DCC
A1.1. Repository has a mission statement that reflects a commitment to the long-term retention of, management of, and access to digital information.	1. The digital repository has defined its goals. 9. The digital repository accepts digital objects from producers based on defined criteria.	A1.1 Repository has a mission statement that reflects a commitment to the long-term retention of, management of, and access to digital information.
A1.2. Repository has an appropriate, formal succession plan, contingency plans, and/or escrow arrangements in place in case the repository ceases to operate or the governing or funding institution substantially changes its scope.	4.5 Continuation of the preservation tasks is ensured even beyond the existence of the digital repository.	A1.2 Repository has an appropriate, formal succession plan, contingency plans, and/or escrow arrangements in place in case the repository ceases to operate or the governing /funding institution substantially changes its scope.
A2.1. Repository has identified and established the duties that it needs to perform and has appointed staff with adequate skills and experience to fulfill these duties.	4.2 Sufficient numbers of appropriately qualified staff are available. Also, 5.1 All processes and responsibilities have been defined.	A2.1 Repository has identified and established the duties that it needs to perform and has appointed staff possessing adequate skills and experience to fulfill these duties.

*Příklad mapování kritérií mezi jednotlivými metodami (Dale, 2007)*

Specifickou otázkou je použitá terminologie. Jak již bylo v této práci zmíněno, referenční model OAIS přinesl sjednocení terminologie, napříč různými typy archivů a tato terminologie je i využívána v metodách vyhodnocování důvěryhodnosti archivů. Odpadá tím potřeba definic jednotlivých pojmů a konceptů, a ačkoli dokumentace k jednotlivým metodám obvykle obsahují glosář termínů nebo vysvětlivky, hojně se využívají odkazy na referenční model OAIS. Implementace některé z metod hodnocení archívu v oblasti audiovizuálního průmyslu tak může narazit na odlišnou terminologii a chybějící znalost základních konceptů, například vymezení pojmu „*designated community*“. Řada požadavků je však naštěstí formulována procesně a dokumentaci lze doplnit o výklad terminologických odlišností pro danou oblast (slovníček) a příklady splnění požadavků specifické pro danou oblast. Například požadavek: „Úložiště má mechanismus pro autentifikaci zdroje materiálů“ (OCLR, RLG, 2007), může být v případě archívu audiovizuálního obsahu doplněn o požadavek jednotné identifikace obsahu (např. UMID).



Komplikovanější jsou požadavky spojené s informačním modelem OAIS (viz kapitoly 2.3 a 4), který se od datových modelů užívaných v audiovizuálním průmyslu liší. Zde je třeba provést samostatné hodnocení datového modelu a jeho srovnání s konceptem AIP (*Archiving Information Package*), teprve následně lze vyhodnotit požadavky týkající se datových objektů.

Některé požadavky jsou potom méně relevantní pro archívy navázané na produkci, zejména v procesu akvizice obsahu, který probíhá uvnitř instituce. Obecně je pro archív navázaný na produkci zásadní vymezení, k jakým organizačním celkům se hodnocení vztahuje, neboť v rámci instituce mohou být za některé procesy zodpovědné organizační celky, které s procesem archivace nemají nic společného (například správa smluv potřebná pro definování otázek spojených s duševním vlastnictvím). Tento problém lze řešit aplikováním auditu na celou instituci, kdy se do hodnocení nezahrnují procesy nebo jejich aspekty neovlivňující archivaci, nicméně vyhodnocování jednotlivých kritérií klade velmi vysoké nároky na auditory. Auditóři se v tomto případě neobejdou bez velmi silného mandátu a instituce musí mít jasně definovaný cíl auditu.

Porovnáním jednotlivých seznamů požadavků a vytvořením návrhu výkladu terminologie jsem se dospěl k závěru, že samotné požadavky popsané v metodách uvedených v kapitole 7.1 jsou aplikovatelné s výše uvedenými výhradami i na produkční archívy audiovizuálního materiálu (Získal et al., 2009).

Ačkoli i samotný proces auditu podle seznamu požadavků může a pravděpodobně i přinese testované instituci užitek, neboť poukazuje na procesy důležité pro dlouhodobou archivaci dat, problémem je vyhodnocení takto koncipovaného auditu. Míra splnění jednotlivých požadavků může mít odlišný vliv na celkovou schopnost instituce dlouhodobě uchovávat data a navíc vliv jednotlivých kritérií nelze posuzovat odděleně. Různé kombinace částečného plnění tak mohou mít odlišně závažné důsledky pro proces dlouhodobé archivace. Obtížné je samotné provedení hodnocení / auditu, které vyžaduje vytvoření příslušné metodologie.

Výše popsané metody založené na kritériích v podstatě nemůže aplikovat neškolený auditor, neboť je pro něj těžké vytvořit plán auditu a odpovídajícím způsobem vyhodnotit konkrétní požadavky. Některé požadavky jsou rovněž velmi komplexní, například u požadavku na systém řízení jakosti existuje buď zavedený a

certifikovaný systém, nebo vzniká potřeba vyhodnotit samostatně všechny relevantní procesy z hlediska řízení jakosti, což vede na samostatný audit.

Dalším problémem je pak časový charakter některých kritérií, například požadavek „Úložiště může prokázat evidenci efektivity plánování uchovávání dat“ (OCLR, RLG, 2007), lze vyhodnotit jen za předpokladu existujícího dlouhodobějšího vyhodnocování procesů.

Z výše uvedeného vyplývá, že komplikovanost auditu založeného na seznamu kritérií je zejména pro archívy navázané na produkci obsahu vysoká. Jelikož otázka obecné důvěryhodnosti je v případě těchto archivů méně relevantní, vyhodnocení tohoto typu auditu potom zejména poukazuje na slabé a silné stránky instituce. Z tohoto pohledu se jeví jako vhodnější metody založené na hodnocení rizik, které se zabývají konkrétními dopady jednotlivých procesů.

### **7.3 Metody založené na řízení rizik**

Metoda řízení rizik (*risk management*) patří mezi zavedené a v literatuře dobře popsané postupy aplikovatelné v různých oblastech, proces řízení rizik je i standardizován podle AS/NZS ISO 31000:2009. Hodnocení rizik spojených s dlouhodobou archivací lze samozřejmě provádět bez ohledu na referenční model OAIS, spojení se standardem ISO 14721:2003 však přináší minimálně vodítka a konceptuální rámec pro vymezení sledovaných oblastí, identifikaci a hodnocení rizik.

Použití metody řízení rizik ve spojitosti s celkovým hodnocením archívu dovoluje využít kompletní a propracovanou metodologii, která zahrnuje i hodnocení důsledků jednotlivých zjištění, komunikaci a kroky vedoucí ke zlepšení. Kritéria hodnocení archívu vycházející ze standardu ISO 14721:2003 tak lze obohatit o kompletní postup, zahrnující nejen identifikaci jednotlivých oblastí a jejich shody s doporučenými postupy, ale i identifikaci rizik spojených s odlišnými nebo chybějícími procesy, V kapitole 7.1 tak zmiňují metodu Digital Repository Audit Method Based on Risk Assessment (DRAMBORA), na jejímž základě lze provést audit archívu s využitím hodnocení rizik. Díky koncepci a zpracování dokumentace DRAMBORA do podoby soustavy doporučení, postupů a návodů (*toolkit*), může tuto

metodu aplikovat instituce sama na sobě (sebe hodnocení - *Self assesment*) bez potřeby školených auditorů.

Audit rizik spojených s provozem a rozvojem archívu s využitím standardu ISO 14721:2003 se pro celkové hodnocení instituce aktuálně jeví jako nejvhodnější, o čemž svědčí i úspěch DRAMBORA toolkitu. Jsou rovněž k dispozici výsledky testování v několika institucích zabývajících se dlouhodobou archivací s využitím metody hodnocení rizik a konkrétně DRAMBORA toolkitu, publikované například v práci autorů Ross a McHugh (Ross et al., 2006),

### **7.3.1 Hodnocení rizik pro audiovizuální archívy**

Jak již bylo zmíněno výše, aplikace metody řízení rizik přináší výsledky i bez spojení se standardem ISO 14721:2003. Zejména metoda tzv. Self-auditů je pro organizace v audiovizuálním průmyslu velmi vhodná, protože řeší nedostatek externích auditorů se znalostí specifik auditované oblasti (McHugh et al., 2007). Ve specifické oblasti audiovizuálních archívů, a zejména v případě archívů navázaných na produkci, potom hodnocení rizik dovoluje překonat obtížnější mapování konceptů definovaných v referenčním modelu OAIS na procesy v konkrétní instituci, které je problematické zejména u metod založených na kritériích (Získal et al., 2009). Konkrétně aplikace metody DRAMBORA a příslušného toolkitu na produkční audiovizuální archívy je tedy jednodušší než v případě ostatních metod, opět je však třeba zohlednit terminologické odlišnosti. Pro správné provedení auditu je také zásadně důležitá nejen volba samotných auditorů, ale i jejich mandát a vymezení auditovaných oblastí. Pokud se audit produkčního archívu omezí jen na funkční celky a postupy bezprostředně spojené s ukládáním dat, nemůže přinést relevantní výsledky. Pro přehlednější vymezení problémů spojených s aplikací metody DRAMBORA na audiovizuální archiv se budu krátce zabývat každou z fází procesu, který je v dokumentaci vymezen následovně (McHugh et al. 2007):

- 1) Identifikace organizačního rámce
- 2) Revize dokumentace
- 3) Identifikace procesů a jejich vlastníků

- 4) Identifikace rizik
- 5) Hodnocení rizik
- 6) Minimalizace rizik

### **7.3.2 Identifikace organizačního rámce**

Na začátku je třeba identifikovat misi a kontext archivace v rámci organizace, to znamená, jaké jsou cíle instituce, jakým způsobem se na nich podílí dlouhodobé uchovávání obsahu a jaký je vztah archivu k okolním subjektům neb k celé instituci. Ačkoliv lze některé činnosti a organizační části instituce, která provozuje archiv jen jako jednu z mnoha činností, z auditu vyloučit, obecně nelze omezit audit jen na příslušný organizační celek (celky), který se zabývá uchováváním dat. V tomto případě je třeba stanovit, které organizační části mají vliv na proces archivace a jejichž činnost má relevantní dopad na samotný archivovaný obsah.

Nesprávné vymezení cílů a relevantních celků může mít zásadní vliv na výsledek celého hodnocení, pokud může proces vyňatý z hodnocení být i nepřímo ovlivnit rizika spojená s archivací. Příkladem může být nezahrnutí auditu celku plánování výroby, kde se v některých případech uchovává část dokumentace spojená s autorskými právy (smlouvy s tvůrci) a tím se podílí na správě relevantních metadat (*rights management*).

### **7.3.3 Revize dokumentace**

Aby bylo možné procesy monitorovat a provést jejich hodnocení, je dokumentace nezbytným předpokladem. Nejedná se pouze o technickou dokumentaci, která popisuje instalované součásti a jejich návaznosti, ale o všechny typy dokumentace potřebné pro běh instituce. Různými typy dokumentace a jejich vytvářením se zabýváme v kapitole 6.5.3. Dokumentace zahrnuje strategické plánování, správu legislativních dokumentů a politiky spojené s dodržováním standardů nebo postupů (např. ochranu osobních údajů, řízení jakosti), v neposlední řadě se hodnotí i samotné řízení dokumentace. Dokumentace může být ve specifické

elektronické podobě (jako součást systémů), pak je třeba procesy spojené s jejím vytvářením, aktualizací a archivací podrobit zvláštní analýze. Zejména u instituce, která plní řadu rolí (například televizní stanice), může být jen samotná identifikace relevantní dokumentace velkým problémem.

#### **7.3.4 Identifikace procesů a jejich vlastníků**

V této fázi auditoři vytváří seznam procesů, které se podílí na archivaci v souladu s cíli instituce. Pro správnou identifikaci těchto procesů je důležitá nejen obeznámenost se strukturou organizace a jejích činností, ale schopnost identifikovat skutečné vlastníky těchto procesů. Zejména v případě produkčních společností tak může být skutečné vlastnictví procesů odlišné od předpokládaného modelu (například z provozních důvodů zodpovědnost za dokumentaci přebírá pro jiná složka). Tato fáze je klíčová pro identifikaci rizik, pokud se v následujících krocích ukáže seznam jako nepřesný nebo neúplný, lze se k tomu kroku vrátit a seznam upravit. Důležitou podmínkou pro úspěšné vytvoření reálného obrazu procesů je silný mandát auditorů, se kterými musí spolupracovat všechny oslovené složky. V opačném případě nelze následně rizika správně vyhodnotit. V této fázi je obvykle nezbytná i spolupráce managementu instituce.

#### **7.3.5 Identifikace rizik**

Pro identifikaci rizik existuje řada postupů, nelze však definovat univerzální metodu vhodnou pro všechny aplikace. Je vhodné kombinovat několik metod a identifikovat rizika ve více oblastech, zejména v otázce shody cílů instituce s dokumentovanými a reálnými postupy, v oblasti zdrojů pro zabezpečení jednotlivých procesů, v interních a externích překážkách nebo hrozbách a oblasti možnosti porušování předpisů a závazných postupů. V této fázi jde o co nejkomplexnější posouzení možných scénářů a jejich pravděpodobnosti, vedoucího k vytvoření seznamu rizik. U těchto rizik je následně třeba identifikovat a popsat podmínky jejich vzniku a jejich vzájemné závislosti. V dalších fázích je možné seznam a detailní popis dále zpřesňovat. Pro vytvoření seznamu rizik je také možné

použít postupy dokumentované ve standardech, které se vztahují k určité oblasti procesů, například řízení jakosti (ISO 9001:2008) nebo řízení bezpečnosti (ISO/IEC 27001:2005), pokud má instituce tyto procesy zavedeny. Nebezpečím v této fázi může být u komplexnějších procesů opomenutí některých vlivů, které se mohou jevit jako nepodstatné, ale v důsledku mohou znamenat konkrétní riziko (například nevyhovující postup na počátku výroby, který může znamenat chybná metadata i v procesu archivace).

### 7.3.6 Zhodnocení rizik

Východiskem pro tuto fázi je seznam rizik, u každého z nich se vyhodnocuje závažnost, tvořená zejména dvěma faktory – pravděpodobností výskytu rizika a jeho potenciální dopad. Pro vyhodnocení a porovnání rizik je vhodné na pravděpodobnost a dopad rizik aplikovat hodnotící stupnici. Dále je třeba zhodnotit vzájemný vliv rizik a jejich zmiřování, zda například výskyt jednoho rizika nezvyšuje pravděpodobnost jiného (McHugh et al., 2008). Prvním východiskem pro určení těchto parametrů jsou záznamy instituce o problematických situacích z minulosti, například haváriích, porušeních postupů nebo vnějších vlivů majících významný vliv na chod instituce.

Bodové hodnocení pravděpodobnosti	Slovní popis
1	Minimální pravděpodobnost, výskyt jednou za 100 či více let
2	Velmi nízká pravděpodobnost, výskyt jednou za 10 let
3	Nízká pravděpodobnost, výskyt jednou za 5 let
4	Střední pravděpodobnost, výskyt jednou za rok
5	Vysoká pravděpodobnost, výskyt jednou za měsíc
6	Velmi vysoká pravděpodobnost, výskyt více než jednou měsíčně

*Příklad číselného hodnocení pravděpodobnosti podle DRAMBORA toolkitu*

V řadě případů tato data nemusí být v instituci dostupná nebo jsou shromažďována po dostatečnou dobu. V těchto případech je třeba vycházet z nepřímých faktorů, z literatury nebo ze zkušeností obdobných institucí (McHugh et

al., 2008). V audiovizuálním průmyslu je překážkou sdílení informací nejen značná rozdílnost jednotlivých institucí, ale i konkurenční prostředí. Hodnocení je třeba dát do kontextu s cíli instituce, což u produkčních archivů může znamenat odlišný přístup k vyhodnocování dopadu některých rizik (například vyšší důraz na rizika spojená s dopadem na výrobu). Zde může být rovněž zásadní zhodnocení významu dlouhodobé archivace pro instituci, například finanční příjem z prodeje práv, zlevnění výroby s využitím vlastních archivních materiálů či strategické postavení instituce jako centrálního poskytovatele určitého typu informací. Určení konkrétních, například ekonomických ukazatelů, potom zjednodušuje hodnocení některých rizik, protože dovoluje vzít v úvahu konkrétní ekonomické dopady.

### **7.3.7 Minimalizace rizik**

Tato závěrečná fáze rozšiřuje evaluaci archívu o kroky, vedoucí ke snižování pravděpodobnosti výskytu identifikovaných rizik a ke zmírnění jejich dopadu. Ke každému z identifikovaných a popsanych rizik se v této fázi vytváří soubor opatření. Jedná se o dlouhodobý proces spojený se strategií řízení rizik, ve vztahu k archívu by tento proces se správně nastavenými parametry měl vést k budování spolehlivého dlouhodobého úložiště. Je tedy třeba, aby se řízení rizik se ve spojení s opakovaným auditem stalo součástí dlouhodobé strategie instituce. Minimalizace rizik se neobejde bez silné zainteresovanosti managementu instituce, neboť jednotlivá opatření mohou být spojená se změnou postupů, zodpovědností, organizační struktury, ale i s revizí dílčích cílů instituce. Samotný auditor (auditoři) v této fázi může pouze doporučovat možná opatření, jejich konkrétní podoba a zejména zavádění leží na příslušných zodpovědných osobách a na managementu instituce. Zde je třeba poznamenat, že zavedení procesů vedoucích k minimalizaci rizik s sebou nesou řadu aktivit, vedením dokumentace počínaje a pravidelným vyhodnocování výsledků včetně opakovaných auditů konče. Tyto aktivity samozřejmě vyžadují vyčlenění odpovídajících zdrojů a s tím jsou nevyhnutelně spojené náklady. Vše se tedy odvíjí od cílů instituce a rovněž od důvěry, kterou má management v konkrétní metody či postupy. Audit využívající hodnocení rizik v tomto směru patří mezi poměrně komplexní a náročné postupy, a nutná investice tak zřejmě řadu institucí odradí.

#### **7.4 Využití hodnocení archívu v praxi**

Ve své praxi ani v literatuře jsem se nesetkal s žádným využitím výše uvedené postupů pro hodnocení audiovizuálních archívu navázaných na produkci. Zřejmě největší překážkou jsou odlišné cíle institucí, s tím spojená organizační struktura a i jiný způsob řízení procesů. Při audiovizuální produkci mají silné zastoupení tvůrčí a technické složky a zejména v prvním případě je zde patrný jistý odpor k standardizovaným a dokumentovaným procesům. Ze stejných důvodů tyto instituce zřídka zavádí systém řízení jakosti, a ačkoli vyhodnocování vlastní činnosti probíhá, omezuje se většinou na ekonomické ukazatele nebo na faktory důležité pro primární cíle (například sledovanost, ocenění na festivalech). Motivací pro zavedení auditu tak může být tlak zvenčí, například u veřejnoprávních institucí podmínění schválení investic do budování archívu evaluací dlouhodobé strategie, nebo i na legislativní úrovni. Dalším motivem může být implementace těchto metod u institucí, které formují trendy v daném odvětví a které výsledky své práce publikují (například BBC). Výhodou bude i chystaná ISO standardizace evaluace archívu, zde ovšem záleží na situaci v daném odvětví, zda vznikne uznávaný certifikační proces, jehož absolvování bude mít pro instituci pozitivní dopad (například lepší pozici při akvizici obsahu).



## 8 Závěrečná doporučení

V této práci jsem několikrát zmínil skutečnost, že technologický vývoj v audiovizuální oblasti probíhá velmi rychle, objevují se nové postupy a i některá doporučení vydaná expertními skupinami ztrácí svoji platnost. Výše uvedený poznatek ilustruje i skutečnost, že během doby, kdy jsem na textu pracoval, se objevil nový směr v záznamu a zpracování obrazu, a to stereoskopická reprezentace. Přesněji řečeno metody stereoskopického záznamu a reprodukce jsou známé již poměrně dlouho, v posledních letech však probíhá jejich radikální rozvoj, na trh se dostávají cenově dostupné systémy (Blu-ray přehrávače, obrazovky), a například britská televizní společnost spustila v roce 2010 první dedikovaný stereoskopický kanál Sky 3D. Stereoskopický obraz s sebou přináší nové formáty a nové výzvy pro archivaci digitálního obsahu. V souvislosti s možností převodu (byť nedokonalého) stávajících záznamů do prostorové formy opět vyvstává otázka originálu a únosné míry technologického zpracování původních záznamů. Stereoskopický obraz s sebou rovněž nese vyšší nároky na datový prostor, totéž obecně platí díky stále kvalitnějším systémům pro záznam obrazu souběžně s jejich rostoucí dostupností. V tomto směru se neustále mění požadavky na datový prostor a s tím roste aktuálnost problému robustnosti dat zmíněného v kapitole 5.1, jinými slovy i malé audiovizuální archivy musí řešit otázku velkých datových objemů.

Během své konzultační činnosti jsem se mnohokrát setkal se situací, kdy zřizovatelé nebo provozovatelé zejména menších archivů audiovizuálního obsahu usilovně hledali jednoznačnou odpověď na pro ně zásadní otázky, například spojené s volbou formátu nebo konkrétního technického řešení. V této práci nabízím některá dílčí doporučení ve smyslu aktuálních formátů či rizik spojených určitými postupy, lze je ovšem použít jen v obecné rovině. Díky rychlému vývoji technologií a přetrvávající specializaci jednotlivých aplikačních oblastí (produkce, postprodukce, distribuce na různé typy koncových zařízení) má jakékoli doporučení velmi omezený charakter. V tomto smyslu nezbyvá než opakovat, že aktuálně jedinou obecně akceptovanou referencí je standard ISO 14721:2003, a příslušný koncept platí i pro oblast dlouhodobé archivace audiovizuálních dat. I ve specifické oblasti archivů navázaných na produkci je tak nejdůležitější dlouhodobá strategie, díky které lze nastavit a udržovat procesy potřebné k dlouhodobému uchování dat. Všechna dílčí

rozhodnutí tak musí být činěna s ohledem na tuto dlouhodobou strategii, která musí zahrnovat i jasně definované cíle a způsob jejich dosažení. Přední odborník na digitální archivaci David Giaretta z The Digital Curation Centre, který působí v řadě evropských projektů, ve svých přednáškách s oblibou používá bonmot, že dlouhodobá archivace není problém, pokud máte k dispozici neomezené zdroje po neomezeně dlouhou dobu. Naráží tím na skutečnost, že neustálý proces migrace, bez kterého se žádný digitální archiv neobejde, je nákladný a komplikovaný proces. Sebelepší strategie se tedy neobejde bez zahrnutí finančního aspektu, i když se jedná například o instituci financovanou ze státního rozpočtu. Vztaženo na rozhodování v technologické oblasti je potom třeba stále zohledňovat náklady na migraci, například i ve vztahu k aktuální investici (nezpůsobí vysoká investice do aktuálně „optimálního“ řešení v budoucnu nedostatek prostředků na jeho nezbytnou náhradu?).

Specifickým problémem v audiovizuálním průmyslu, který je spojený s neustále se měnící situací v oblasti produkce a distribuce, je chybějící dlouhodobá perspektiva a s ní spojené plánování. Pokud například nelze odhadnout, jakou podobu bude mít televizní vysílání v horizontu deseti let, je těžké v tomto směru vytvořit dlouhodobou strategii. Řada institucí tak plánuje v relativně krátkodobém časovém rámci. Z tohoto pohledu je i obtížné definovat konkrétní přínosy dlouhodobého archívu, neboť hodnota uložených informací se může v čase výrazně měnit, a strategický záměr spojený s konkrétním zhodnocováním investic bývá na podobných odhadech založený. Některá rozhodnutí se tak posouvají do společenské roviny, například v podobě ochrany určitého typu obsahu nebo poptávky po konkrétních službách.

Abych mohl lépe specifikovat metodologii spojenou se vznikem a provozem archívu, hned v úvodu práce jsem definoval specifický typ archívu navázaný na produkci audiovizuálního obsahu. Jedná se samozřejmě jen o velmi rámcové vymezení a praxi může existovat řada podob vztahu mezi archivací, produkcí a distribucí. Za zásadní však pokládám, jakým způsobem toto uspořádání ovlivňuje cíle instituce a s tím spojené procesy. Největší rozdíly v koncepci takto pojatého úložiště oproti referenčnímu modelu OAIS tedy nevycházejí z dílčích rozdílů v postupech či datových modelech, ale v odlišných východiskách, které je formují. Pokud je například prioritou schopnost archívu efektivně podporovat výrobu, jednotlivé

procesy jsou řízeny a kritéria jejich úspěšnosti jsou hodnocena zejména s tohoto pohledu. Tato kritéria potom ovlivňují dílčí rozhodnutí a tím i podobu archívu, kdy například kontejnerové formáty obsahující doprovodné informace o archivaci a odpovídající konceptu AIP (*Archival Information Package*, viz referenční model OAIS), nejsou implementovány z provozních důvodů (podrobnosti uvádím v kapitole 6). Jako celek však archív může zachovávat všechny informace potřebné pro dlouhodobou archivaci, nicméně způsob vyhodnocení je poměrně komplikovaný, neboť je třeba provést komplexní audit v rámci širší struktury celé instituce (viz kapitola 7).

Archívy navázané na produkci audiovizuálního obsahu mají také oproti samostatným institucím některé nesporné výhody, zejména v oblasti přístupu k technologiím na kontrolu kvality obsahu a dostupnosti příslušných specialistů (viz například kapitola 2.7.1). Tyto výhody se však z dlouhodobého hlediska mohou proměnit v rizika, neboť mohou vést k podcenění některých faktorů, způsobených například obměnou výrobních postupů nebo určujícím vlivem komerčních dodavatelů na podobu technologií integrovaných v řetězci.

Navzdory výše uvedeným odlišnostem jsem přesvědčen, že východiska standardu ISO 14721:2003 mohou být s úspěchem aplikována i v audiovizuálním průmyslu a například audit založený na hodnocení rizik přináší instituci mnoho pozitivního. Můj názor podporují nejen závěry práce výzkumných týmů, ale i projekty jako je Preserving Digital Public Television Project, které zdůrazňují nezbytnost dlouhodobé strategie při ukládání obsahu. Vzhledem k tomu, že motiv důvěryhodnosti úložiště není pro produkční archivy dostatečně silný, neboť nejsou závislé na získávání obsahu zvenčí, rozhodujícím faktorem může být jen poptávka po dlouhodobé archivaci. Tato poptávka může vzniknout v rámci audiovizuálního průmyslu, a aktuálně již existuje v rámci ochrany kulturního dědictví. Na místo budování samostatných audiovizuálních archívů lze tak využít již existující archívy veřejnoprávních institucí a požadavky na ně upravit například legislativně. Pokud se tak stane, věřím, že bude proces standardizované certifikace archívu v širší míře aplikován i na úložiště audiovizuálních dat.

### ***Použitá literatura:***

ADDIS, M.; BEALES, R.; LOWE, R.; MIDDLETON, L.; NORLUND, C.; ZLATEV, Z. 2008. Sustainable Archiving and. Storage Management of Audiovisual Digital Assets. In *Proceedings of 2008 International Broadcasting Convention* [CD-ROM]. London: International Press Centre, 2008,

ADDIS, M.; LOWE, R.; MIDDLETON, L. 2009. A new approach to audiovisual digital archiving. In *63rd Broadcast Engineering Conference*, April 18-23, 2009, Las Vegas, USA.

AUSTERBERRY, David. 2006. *Digital Asset Management*, Second Edition. Oxford: Focal Press, September 2006. ISBN 0-240-80868-1

AUSTERBERRY, David. 2010. Broadcast archives need new technology, *Broadcast Engineering-World Edition*. October, 2010. Vol.52, No.10. ISSN 0007-1994

AVISON, David., FITZGERALD, Guy. 2006. *Information Systems Development*. McGraw-Hill Higher Education, March 2006. ISBN 0-077-11417-5

BEKAERT, J.; LIU, X.; VAN DE SOMPEL, H. 2005. Representing Digital Assets for Long-Term Preservation using MPEG-21 DID. Arxiv preprint. arXiv:cs/0509084v1 ; Dostupný z WWW: <http://arxiv.org/abs/cs/0509084v1>> shlédnuto 20.6.2010

DALE, Robin. 2007., Mapping of Audit & Certification Criteria for CRL Meeting (15-16 January 2007). Dostupný z WWW: <[http://wiki.digitalrepositoryauditandcertification.org/pub/Main/ReferenceInputDocuments/TRAC-Nestor-DCC-criteria\\_mapping.doc](http://wiki.digitalrepositoryauditandcertification.org/pub/Main/ReferenceInputDocuments/TRAC-Nestor-DCC-criteria_mapping.doc)> shlédnuto 15.8.2009

DEVLIN, Bruce. 2002. MXF - the Material eXchange Format, FILE EXCHANGE FORMATS, In *EBU TECHNICAL REVIEW* – Červenec 2002

DOLLAR, Charles, M. 1999. Selecting Storage Media for Long-Term Access to Digital Records. In *Information Management Journal* article; English; 7 s; July 1999, Vol. 33, No. 3; ISSN: 0378-7206

FERELLI, Mark. 2010, SPECIAL REPORT: Conference on Tape Storage Discards the Myths. In *Computer Technology Review*. March, 2010, Dostupný také z WWW: <[http://www.wmpi.com/index.php?option=com\\_content&view=article&catid=99:cover-story&id=8471:special-report-conference-on-tape-storage-discards-the-myths&Itemid=2701018](http://www.wmpi.com/index.php?option=com_content&view=article&catid=99:cover-story&id=8471:special-report-conference-on-tape-storage-discards-the-myths&Itemid=2701018)> shlédnuto 20.5.2010.

FOGG, C.; LEGALL, D.J.; MITCHELL, J.L.; PENNEBAKER, W.B.. 1997, *MPEG Video Compression Standard*, Springer, 1997, 516 s., Hardcover, ISBN: 978-0-412-08771-4

Functional requirements for bibliographic records : final report. IFLA Study Group on the Functional Requirements for Bibliographic Record. München : Saur, 1998. viii, 136 s. UBCIM publications, New series, vol. 19. Dostupný také z WWW: <<http://www.ifla.org/VII/s13/frbr/frbr.pdf>>. ISBN 3-598-11382-X.

HALLOWS, Jolyon. 1997. *Information Systems Project Management: How to Deliver Function and Value in Information Technology Projects*. AMACOM, September 1997. ISBN 0-814-40368-9

HANZO, L.; CHERRIMAN, P. J.; STREIT, J. 2007. *Video compression and communications: from basics to H.261, H.263, H.264, MPEG2, MPEG4 for DVB and HSDPA-style adaptive turbo-transceivers*. 2nd ed. Chichester: J. Wiley & Sons, 2007. ISBN 978-0-470-51849-6.

HEYDEGGER, Volker. 2008. Analysing the Impact of File Formats on Data Integrity. In *Proceedings of Archiving 2008*, Bern, Switzerland, June 24-27; s. 50-55, ISBN: 978-0-892080277-3

HEYDEGGER, Volker .2009. Just One Bit in a Million: On the Effects of Data Corruption in Files. In: Agosti, M. et al. (Eds.). *Research and Advanced Technology for Digital Libraries*, ECDL 2009, LNCS 5714 (2009), Springer, ISBN 3-642-04345-1

ISO/IEC TR 21000-1:2001(E) Part 1: Vision, Technologies and Strategy, Dostupný také z WWW: <<http://standards.iso.org/ittf/PubliclyAvailableStandards/index.html>> , shlédnuto 10.8.2010

ISO 14721:2003. Space data and information transfer systems -- *Open archival information system -- Reference model*. BS: May 2003. 163 s. ISBN 0-580-41862-6

KATZOFF, David. 2009, How to Implement an Effective Data Migration Testing Strategy, Data Migration Methodology. In *Data Migration Pro Journal November 2009*, Dostupný také z WWW: <<http://www.datamigrationpro.com/data-migration-articles/2009/11/30/how-to-implement-an-effective-data-migration-testing-strateg.html>> Shlédnuto 10.6.2010.

KOVALICK, Al. 2009. *Video Systems in an IT Environment, Second Edition*, Oxford: Focal Press, 2006 ISBN: 978-0-240-81042-3.

LARMAN, Craig. 2003, *Agile and Iterative Development: A Manager's Guide*. Addison-Wesley Professional, August 2003. ISBN 0-131-11155-8

LEE, K.; SLATTERY, O.; LU, R - TANG, X.; MCCRARY, V. 2002. The State of the Art and Practice in Digital Preservation. In *Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology*, 107, no.1, 2002. Dostupný také z WWW: <<<http://www.nvl.nist.gov/pub/nistpubs/jres/107/1/j71lee.pdf>>> Shlédnuto 21.12.2008. ISSN: 1044-677X

LI, Chaofeng, BOVIK, Alan.C., 2010, Content-weighted video quality assessment using a three-component image model, *Journal of Electronic Imaging, Special Section on Image Quality*, Vol: 19 No: 1, January 2010. ISSN: 1017-9909

LUGMAYR, A. R.; TOUIMI, A., B.; KANEKO, I.; KIM, J.; ALBERTI, C.; YONA, S.,; KIM, J.,; ANDRADE, M., T.; KALLI, S., 2004, MPEG-21. In broadcasting: the novel digital broadcast item model, In *Real-Time Imaging VIII*. Edited by Kehtarnavaz, Nasser; Laplante, Phillip A. Proceedings of the SPIE, Vol. 5297, s. 163-174. ISBN: 978-0-819-45200-9

MAIN, Bruce., W. 2004. *Risk Assessment: Basics & Benchmarks*, Published by Design Safety Engineering Inc., 2004, hardcover, 478 pp. ISBN 0-9741248-0-8.

MARTIN, James. 1991. *Rapid Application Development*. Macmillan Coll Div, May 1991. ISBN 0-02-376775-8

MCHUGH, A.; ROSS, S.; RUUSALEPP, R.; HOFMAN, H. 2007. *The Digital Repository Audit Method Based on Risk Assessment (DRAMBORA)*’, 2007. ISBN: 978-1-906242-00-8

MCHUGH, A., ROSS, S., INNOCENTI, P., RUUSALEPP R., HOFMAN H., 2008, Bringing Self-assessment home: Repository Profiling and Key Lines of Enquiry within DRAMBORA, *The International Journal of Digital Curation*, no. 2 (3), s131-142. ISSN: 1746-8256

MEYROWITZ, Joshua. 2006. *Všude a nikde: vliv elektronických médií na sociální chování*. 1. vyd. Praha : Karolinum, 2006. ISBN: 80-246-0905-3

MOORTHY, Anush. K., BOVIK, Alan. C., 2010, A Two-Step Framework for Constructing Blind Image Quality Indices, *IEEE Signal Processing Letters*, , vol. 17, no. 5, s. 513-516 May 2010. ISSN: 1070-9908

nestor Working Group Trusted Repositories – Certification. 2006, *Catalogue of Criteria for Trusted Digital Repositories*, Dostupný z WWW: <<http://edoc.huberlin.de/series/nestor-materialien/8en/PDF/8en.pdf>> shlédnuto 10.5.2009

OCLC, CLR, 2007 Trustworthy Repositories Audit and Certification (TRAC): Criteria and Checklist (OCLC and CRL, 2007). Dostupný z WWW: <<http://www.crl.edu/PDF/trac.pdf>> shlédnuto 10.5.2009

PEARSON, Glenn; GILL, Michael. 2005, An Evaluation of Motion JPEG 2000 for Video Archiving. 2005. In *Archiving 2005*, s. 237-243 April 2005, Washington, D.C.. ISBN: 0-89208-255-0

RAUCH, Carl; RAUBER, Andreas. 2004. Preserving Digital Media: Towards a Preservation Solution Evaluation Metric. In *International Conference on Asian Digital Libraries 2004*. Shanghai, China. Springer. 2004. ISBN 3-540-24030-6

RAUCH, Carl. et al. 2005. Evaluating preservation strategies for audio and video files. In *Proceedings DELOS Digital Repositories Workshop 2005*. Heraklion, Crete. ISBN: 91-7167-034-3.

RLG & NARA, 2005. *An Audit Checklist for the Certification of Trusted Digital Repositories: Draft for Public Comment*. Dostupný z WWW: <<http://www.rlg.org/en/pdfs/rlgnara-repositorieschecklist.pdf>> shlédnuto 5.8.2009

ROSENTHAL, David.,H., 2008, Bit Preservation: A Solved Problem?. In *The Fifth International Conference on Preservation of Digital Objects 2008*. Editor FARQUHAR Adam. British Library, London. Dostupný také z WWW: <http://www.bl.uk/ipres2008/index.html>, shlédnuto 5.8.2009 ISBN 978-0-7123-0913

ROSS, Seamus; MCHUGH, Andrew., 2006. The Role of Evidence in Establishing Trust in Repositories. *D Lib Magazine*. July/August 2006. vol. 12, No.7/8. ISSN 1082-9873.

SCHALLAUER, P.; BAILER, W.; THALLINGER, G. 2006. A Description Infrastructure for Audiovisual Media Processing Systems Based on MPEG-7. *Journal of Universal Knowledge Management*, vol. 1, č 1. 2006., s. 26-35 ISSN 0948-6968

STORER, M. W.; GREENAN, K. M.; MILLER, E. L.; VORUGANTI, K. 2008. Pergamum: Replacing Tape with Energy, Efficient, Reliable, Disk-Based Archival Storage. In *Proceedings of 6th USENIX Conference on File and Storage Technologies*. 2008, San Jose, CA, USA. USENIX 2008, ISBN 978-1-931971-56-0

SULLIVAN, G., J.; TOPIWALA, P.; LUTHRA, A.; 2004., The H.264/AVC Advanced Video Coding Standard: Overview and Introduction to the Fidelity Range Extensions. In *SPIE Applications of Digital Image Processing XXVII (2004)*. 952 s. Dostupný také z WWW: <<http://www.fastvdo.com/spie04/spie04-h264OverviewPaper.pdf>> Shlédnuto 10.11.2009. ISBN: 978-0-819454966

VÍT, Vladimír. 1997. *Televizní technika: přenosové barevné soustavy*. Praha: BEN, 1997. ISBN 80-86056-04-X.

VLASÁK, Rudolf; BULÍČKOVÁ, Soňa., 2003, *Základy projektování informačních systémů*. 1. vyd. Praha : Karolinum, 2003. ISBN 80-246-0727-1

WATKINSON, John. 2000. *The art of digital video*. Oxford: Focal Press, 2000. ISBN 0-240-51586-2.

WATKINSON, John. 2004. *The MPEG handbook: MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4*. Amsterdam: Elsevier, 2004. ISBN 0-240-80578-X

ZÍSKAL, B.; SVÍTEK, J.; BERKA, R. 2009. Risk-based audit of preservation strategies. In *Proceedings of 2009 International Broadcasting Convention [CD-ROM]*. London: International Press Centre, 2009, ISBN 978-0-9562331-0-3.

ŽÁRA, J., BENEŠ, B., SOCHOR, J; FELKEL, P. 2005. *Moderní počítačová grafika*, 2. Vydání, Praha, 2005 Computer Press ISBN: 80-251-0454-0